

ANÁLISE DO PROCESSAMENTO DE DADOS GPS EM FUNÇÃO DAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE RASTREIO

A GPS observation analysis as a consequence of different tracking conditions

COSTA, M. F.

LAGO, I. F.

PRADO, A.

Universidade Federal do Paraná

Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas

{mfcosta, iflago, aprado}@bravo.geoc.ufpr.br

RESUMO

As observações GPS estão suscetíveis, principalmente, ao efeito do multicaminho e das perdas de ciclo devido a existência de obstruções nas estações de rastreamento. Neste trabalho procurou-se determinar qual o tipo de observável fornece melhor resultado na determinação das coordenadas bidimensionais e tridimensionais em função das diferentes situações de rastreamento. Associou-se os resultados deste experimento com as precisões requeridas nas diversas áreas da cartografia.

Palavras Chave: Obstruções, GPS, Processamento, Observáveis

ABSTRACT

GPS observations are susceptible, mainly, to the effect of multipath and cycle slips due to obstructions in the surveying stations. In this work, we tried to determine which the observable type supplies produced better results in the determination of the coordinates 2D and 3D in function of the different surveying situations. The results of this experiment were associated with the precisions required in the several areas of cartography.

Key words: Obstructions, GPS, Processing, Observables

1 – INTRODUÇÃO

Os levantamentos topográficos vem utilizando intensamente o sistema GPS. Grande parte destes levantamentos são executados em áreas urbanas e/ou rurais, em locais com condições desfavoráveis de rastreamento, sujeitos principalmente aos efeitos de multicaminho. Quando se realizam levantamentos GPS, na presença de

obstruções, as perdas de sinal ocorrem com grande frequência, fato que prejudica o resultado final do posicionamento. Assim, deve-se procurar soluções que minimizem a ação destes efeitos, utilizando, por exemplo, diferentes observáveis de acordo com a situação de rastreamento encontrada (KRUEGER, 1996; SANTOS, 1997; SEEBER, 1993).

Tem-se a fase da portadora como uma observável mais precisa. A sua aplicação pressupõe a resolução das ambigüidades, incógnita presente durante o processamento (SEEBER, 1993). Esta característica pode causar dificuldades, chegando ao extremo de impossibilitar o processamento dos dados, através de uma solução “FIXA” das ambigüidades. No caso da utilização do código, observável menos precisa, isto não ocorre pois não existe a necessidade de determinar as ambigüidades.

A ambigüidade representa o número inteiro de ciclos entre a antena do satélite e a do receptor; deve ser resolvida em três situações: no início de cada rastreamento, quando um novo satélite começa a ser rastreado e quando ocorrem saltos de ciclo. Os levantamentos realizados em áreas com obstruções são prejudicados pelas constantes perdas de sinais, fato que dificulta o processamento dos dados, face ao grande número de ambigüidades a serem resolvidas (KRUEGER, 1996).

Em função destas características, foram realizados rastreios GPS em locais com diferentes graus de visibilidade, fazendo processamentos considerando isoladamente observações do código C/A, fase nas duas portadoras e código suavizado pela portadora L1. Com isso, foi possível testar o desempenho das observáveis e verificar a qualidade dos posicionamentos. Em cada estação de rastreamento foram utilizados os métodos estático clássico e estático-rápido, adotando-se o primeiro método como padrão para comparação e análise dos resultados obtidos.

2 – PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Nesta seção apresenta-se a metodologia utilizada para a realização dos experimentos. As análises são focalizadas na avaliação do desempenho do posicionamento GPS, em função do nível de obstrução das estações, do comprimento das linhas de base e do tipo de observável empregada. As configurações estabelecidas possibilitaram rastreios em condições extremas e intermediárias, em relação ao nível de obstrução das estações.

Assim, inicialmente realizou-se um levantamento relativo utilizando o método estático clássico, com o intuito de obter uma solução rigorosa para as coordenadas das estações teste, subentendendo-se desta maneira uma significativa redução de erros, especialmente do relógio do satélite, das efemérides e da propagação do sinal pela atmosfera. Este método caracteriza-se, basicamente, pela observação simultânea dos sinais emitidos pelos satélites em pelo menos duas estações distintas, sendo que uma delas deve ter coordenadas conhecidas. Selecionou-se a estação RM03, pertencente ao SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul), para figurar como estação de referência, em virtude de se conhecer suas

coordenadas com grande precisão (COSTA, 1999). Os levantamentos foram realizados em três campos de testes distintos com o intuito de verificar também a degradação da precisão do posicionamento em função da variação do comprimento da linha de base (ver Tabela 1). Nesta etapa adotou-se períodos de rastreamento de uma hora em cada estação a uma taxa de coleta de dados de 5 segundos.

Tabela 1 – Campos de Testes e suas Respectivas Distâncias em relação ao Ponto de Referência – RM03

Campo de Testes	Distância (em Km)
Centro Politécnico (UFPR)	0,2
Parque Barigüi	8,0
Pedágio (BR-277)	20,0

Em cada campo de teste realizou-se rastreios em três situações distintas, em função da quantidade de obstruções presentes no local: sem obstrução, obstruído e parcialmente obstruído.

A segunda parte do experimento consistiu de um novo levantamento, agora utilizando o método estático-rápido. Este método assemelha-se muito ao estático clássico, tendo como variante um período de ocupação das estações de interesse muito menor, não acarretando prejuízo na acurácia posicional. Neste trabalho utilizou-se tempo de rastreamento de 15 minutos, a uma taxa de coleta de dados de 5 segundos.

Para estabelecer o comprimento das linhas de base baseou-se na literatura existente, a qual ressalta que para obter precisões decimétricas, utilizando receptores de simples frequência, deve-se ter bases de até 20 km. Isto deve-se à impossibilidade de modelar os efeitos atmosféricos, que passam a ser mais significativos à medida que as linhas de base aumentam (SEEBER, 1993).

3 – PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os dados coletados foram processados utilizando-se o programa *PRISM IITM* (PRISM, 1995), devido à praticidade de manipulação dos mesmos.

As coordenadas da estação base (RM03), referidas ao SIRGAS, apresentam os seguintes valores:

$$\phi = 25^{\circ} 26' 54,5685'' \text{ S}$$

$$\lambda = 49^{\circ} 13' 52,2108'' \text{ W}$$

$$h = 923,785 \text{ m (altura elipsoidal).}$$

No processamento do levantamento estático clássico utilizou-se somente as observações da portadora L1, por tratar-se de pequenas linhas de base, nas quais os efeitos atmosféricos são considerados os mesmos em ambas as estações de rastreamento.

No levantamento estático-rápido utilizou-se três estratégias de processamento, a saber:

- Pseudo-distância e fase da portadora em L1 e L2;
- Código suavizado pela portadora L1; e
- Código C/A.

4 – RESULTADOS

A Tabela 2 mostra as coordenadas UTM dos pontos de interesse obtidas no posicionamento estático clássico, bem como *status* referente a resolução da ambigüidade. Segundo o manual do software PRISM a acurácia posicional é estabelecida entre 0,1 e 0,01 metros quando as ambigüidades são fixadas (PRISM IITM,1995).

Tabela 2 - Coordenadas UTM das Estações Estático Clássico

Ponto	Coordenada Leste (m)	Coordenada Norte (m)	Altitude geométrica (m)	Resolveu as ambigüidades
Centro Politécnico				
Livre	677809,61762	7184408,80097	928,334	Sim
Semi-obstruído	677872,77770	7184183,52739	922,520	Sim
Obstruído	677801,49763	7183920,02117	912,190	Sim
Parque Barigüi				
Livre	670005,08724	7186542,95144	899,446	Sim
Semi-obstruído	669992,34305	7186615,26648	899,969	Sim
Obstruído	669988,87168	7186629,13408	899,948	Sim
Pedágio				
Livre	695030,61574	7173630,41986	917,128	Sim
Semi-obstruído	696044,85537	7173334,27272	944,630	Sim
Obstruído	696111,39241	7173439,99735	953,912	Sim

As Tabelas (3.a), (3.b) e (3.c) mostram, respectivamente as coordenadas UTM dos pontos de interesse nos diferentes campos de teste, obtidas no posicionamento estático-rápido através das estratégias pseudodistância e fase da portadora em L1 e L2, código suavizado pela portadora L1 e somente código C/A.

Tabela 3.a - Coordenadas UTM das Estações: Estático Rápido
Estratégia: Pseudodistância e fase da portadora em L1 e L2

Ponto	Coordenada Leste (m)	Coordenada Norte (m)	Altitude geométrica (m)
Centro Politécnico			
Livre	677809,61762	7184408,80067	928,347
Semi-obstruído	677872,79331	7184183,52472	922,527
Obstruído	677801,62479	7183920,15027	912,434
Parque Barigüi			
Livre	670005,08578	7186542,94685	899,522
Semi-obstruído	669991,81706	7186615,32731	899,648
Obstruído	669988,76689	7186629,20034	900,470
Pedágio			
Livre	695030,58272	7173630,47174	917,217

Ponto	Coordenada Leste (m)	Coordenada Norte (m)	Altitude geométrica (m)
Semi-obstruído	696044,62962	7173334,26311	944,341
Obstruído	696111,09693	7173440,41074	955,241

Tabela 2.b - Coordenadas UTM das Estações: Estático Rápido
Estratégia: Código suavizado pela portadora L1

Ponto	Coordenada Leste (m)	Coordenada Norte (m)	Altitude geométrica (m)
Centro Politécnico			
Livre	677809,61593	7184408,79946	928,342
Semi-obstruído	677872,38922	7184183,47807	922,462
Obstruído	677800,98557	7183921,32309	912,723
Parque Barigüi			
Livre	670004,98731	7186542,98256	899,546
Semi-obstruído	669993,23908	7186615,36345	900,349
Obstruído	669988,76440	7186629,15791	899,840
Pedágio			
Livre	695030,47171	7173630,42320	917,229
Semi-obstruído	696043,00777	7173334,34911	943,860
Obstruído	696112,17965	7173440,89805	953,683

Tabela 2.c - Coordenadas UTM das Estações: Estático Rápido
Estratégia: Somente Código C/A

Ponto	Coordenada Leste (m)	Coordenada Norte (m)	Altitude geométrica (m)
Centro Politécnico			
Livre	677809,55000	7184408,86342	927,465
Semi-obstruído	677872,76137	7184183,09676	924,142
Obstruído	677800,49855	7183920,11167	913,103
Parque Barigüi			
Livre	670004,85388	7186543,17074	900,020
Semi-obstruído	669991,79590	7186613,54673	901,981
Obstruído	669989,29136	7186630,01226	902,196
Pedágio			
Livre	695030,49656	7173630,53764	917,500
Semi-obstruído	696043,72233	7173334,99788	944,077
Obstruído	696108,78783	7173436,44443	964,437

Considerando as Tabelas mostradas anteriormente, foram calculadas as diferenças dos valores obtidos para as coordenadas geradas a partir dos métodos de posicionamento utilizados, nas suas diferentes estratégias. Esta comparação gerou as tabelas (4.a) e (4.b), que mostram o vetor posição bidimensional e tridimensional para cada estação, respectivamente.

Tabela 4.a - Vetor Posição Bidimensional

Ponto	EST1 (m)	EST2 (m)	EST3 (m)
Centro Politécnico			
Livre	0,00030	0,00227	0,09205
Semi-obstruído	0,01584	0,39160	0,43094
Obstruído	0,18121	0,59444	1,00317
Parque Barigüi			
Livre	0,00482	0,10466	0,32023
Semi-obstruído	0,52949	0,90126	1,80469
Obstruído	0,12398	0,10989	0,97331
Pedágio			
Livre	0,06149	0,14407	0,16756
Semi-obstruído	0,22595	1,84918	1,34523
Obstruído	0,50813	1,19625	4,40535

Tabela 4.b - Vetor Posição Tridimensional

Ponto	EST1 (m)	EST2 (m)	EST3 (m)
Centro Politécnico			
Livre	0,01300	0,00831	0,87386
Semi-obstruído	0,01731	0,39587	1,67827
Obstruído	0,30393	0,79840	1,35644
Parque Barigüi			
Livre	0,07615	0,14476	0,65729
Semi-obstruído	0,61919	0,97809	2,70279
Obstruído	0,53652	0,15408	2,44966
Pedágio			
Livre	0,10818	0,17594	0,40799
Semi-obstruído	0,36685	2,00309	1,45446
Obstruído	1,42282	1,21797	11,40976

nas quais:

- EST1: diferença obtida entre o processamento do levantamento estático clássico e o estático-rápido (pseudodistância e fase da portadora em L1 e L2);
- EST2: diferença obtida entre o processamento do levantamento estático clássico e o estático-rápido (código suavizado pela portadora);e
- EST3: diferença obtida entre o processamento do levantamento estático clássico e o estático rápido (somente código).

Nas Tabelas (4.a) e (4.b) observa-se, de forma geral, um decréscimo de desempenho, quando compara-se os resultados obtidos nas estratégias EST1, EST2 e EST3, respectivamente.

Com relação aos diferentes campos de teste verifica-se um desempenho decrescente nos resultados de acordo com o comprimento das linhas de base.

Atribui-se a discrepância encontrada nas estratégias EST2 e EST3 no vetor bidimensional (Campo de teste: Pedágio - Ponto semi-obstruído) à possível resolução incompleta das ambigüidades. Outra discrepância no vetor bidimensional é observada quando compara-se os resultados obtidos nos campos de teste Centro Politécnico e Parque Barigüi, Pedágio e Parque Barigüi, nas três estratégias de processamento. Atribui-se este fato a uma menor quantidade de obstruções nos pontos do segundo campo de teste.

Comparando-se as Tabelas (4.a) e (4.b) observa-se piores resultados do vetor posição tridimensional em relação ao bidimensional. Isto pode ser atribuído à presença da coordenada altitude a qual possui menor precisão que as coordenadas latitude e longitude.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados obtidos nos diferentes campos de teste, empregando-se as três estratégias, verifica-se diversas possibilidades dependendo da finalidade do levantamento/equipamento disponível.

Para usuários que possuam receptores geodésicos, ou seja, que operem simultaneamente nas portadoras L1 e L2, pode ser alcançada precisão bidimensional da ordem de 50 centímetros na pior das hipóteses (ponto totalmente obstruído e linha de base de 20 km) e melhor que o decímetro em condições ideais de rastreo. Sabendo-se que a cartografia urbana desenvolve-se basicamente nas escalas 1:1000 e 1:2000, as Tabelas (4.a) e (4.b) mostram a possibilidade da utilização do método estático rápido, empregando receptores com as características supra citadas, em levantamentos com a finalidade de cadastro urbano.

Já para usuários que possuam receptores conhecidos no mercado por *topográficos* (apenas portadora L1) sugere-se o emprego desta metodologia apenas em bases inferiores a 10 km, em qualquer condição de rastreo.

Os resultados obtidos com receptores de navegação C/A e capazes de armazenamento de dados podem ser utilizados perfeitamente para a orientação de imagens de satélites e para levantamentos de feições no cadastro rural. As precisões obtidas neste experimento podem ser observadas nas Tabelas (4.a) e (4.b).

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Prism Precision GPS Surveying Software, Ashtech Corporation, 1995.

COSTA, S.M.A. *Integração da Rede Geodésica Brasileira aos Sistemas de Referência Terrestres*. Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR. Curitiba: 1999.

KRUEGER, C.P. *Investigações sobre Aplicações de Alta Precisão do GPS no Âmbito Marinho*. Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR. Curitiba: 1996.

SANTOS, M. C. *Integração GPS/GIS*. Curso Ministrado no GIS Brasil 97, Curitiba: 1997.

SEEBER, G. *Satellite Geodesy*. Walter de Gruyter, New York: 1993.

(Recebido em 05/07/01. Aceito para publicação em 28/06/02.)