

Análise do Efeito de Multicaminho na Estação VICO de Monitoramento contínuo

Diuliana Leandro ¹
Suelen Cristina Movio Huinca ²
Alessandro Salles Carvalho ³
Rodrigo Mikosz Gonçalves ⁴
Luiz Danilo Damasceno Ferreira ⁵

UFPR – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Setor de Ciências da Terra
Caixa Postal 19.001, Curitiba PR

¹ diuliana_l@hotmail.com;

² suelenhuinca@ufpr.br;

³ ascufv@yahoo.com.br;

⁴ rodrigo.mikosz@gmail.com;

⁵ luizdanilo@ufpr.br

RESUMO - Neste trabalho foi avaliado o efeito de multicaminho na estação VICO, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC para dois dias distintos através do módulo QC TEQC, do software livre TEQC, *Translate Edit Quality Check*. Analisou-se a variação média do erro de multicaminho dependente da mudança dos equipamentos: receptor TRIMBLE 4000SSI e antena DORNE MARGOLIN T pelos equipamentos: receptor TRIMBLE NetR5 e antena ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2. Devido à troca de equipamentos, o efeito do multicaminho para a onda portadora L2 diminuiu e na onda portadora L1 aumentou.

Palavras chaves: Multicaminho, TECQ, variação média.

ABSTRACT – In this paper was evaluated the effect of multipath in VICO station, owned by Brazilian Network Monitoring Continuous - RBMC for two days through separate module TEQC QC, using the free software TEQC, *Translate Edit Quality Check*. It was analyzed the average change of multipath error dependent on the change of equipment: TRIMBLE 4000SSI receiver and DORNE MARGOLIN T antenna by equipment: receiver NetR5 and ZEPHYR TRIMBLE GNSS GEODETIC MODEL 2 antenna. Because the exchange of equipment, of multipath error L2 carrier have decreased and for the multipath error wave L1 carrier have increased.

Keywords: Multipath, TEQC, moving average.

1. Introdução

O Sistema Global de Navegação (GPS) é uma tecnologia que ainda encontra algumas limitações, devido a erros que afetam as suas observáveis básicas, não permitindo em alguns casos que se consiga determinar posições com alta precisão. Um desses erros é o multicaminho, o qual atualmente acaba sendo um dos mais graves por não poder ser modelado ou previsto como a maioria dos outros erros.

A antena GPS recebe além dos sinais unidirecionais circularmente polarizado à direita (RHCP - Right Hand Circularly Polarized) diretos do satélite, sinais oriundos de reflexões de superfícies próximas, os quais sofrem um retardo com relação aos primeiros (Figura 1). Esse efeito é um fenômeno que pode impedir que as ambigüidades sejam resolvidas ou gerar uma solução errônea.

O fenômeno de multicaminho depende basicamente das propriedades elétricas do ambiente em que se localiza a antena, das características da antena e do objeto refletor. O sinal refletido sempre será atenuado e a diferença entre o sinal direto com o sinal indireto é proporcional ao comprimento do caminho percorrido entre o satélite e o receptor (Hofmann-Welenhof, 1994 apud Baebieri, 2006).

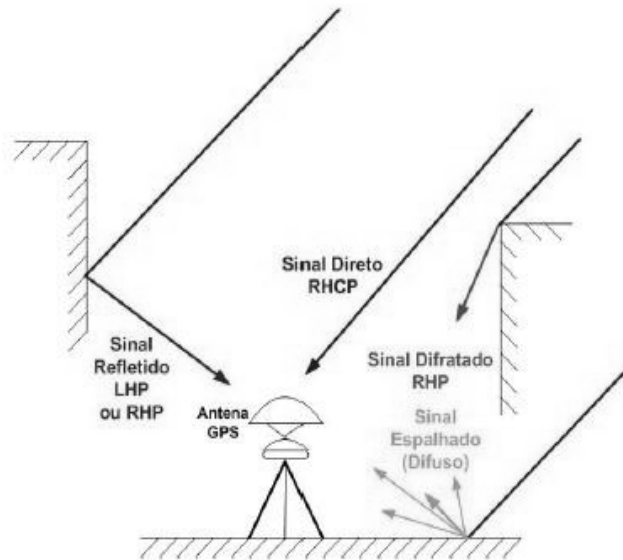


Figura 1 - Multicaminho: reflexão especular, reflexão difusa e difração.

Fonte: Gonçalves e Water, 2005.

Após a reflexão, os sinais GPS que eram circularmente polarizados podem se tornar elípticos, lineares, ou podem ter o sentido de polarização invertido.

As antenas GPS, são projetadas para receber apenas os sinais circularmente polarizados à direita, com uma certa tolerância para os sinais elípticamente polarizados à direita. Essa tolerância é função da tecnologia implementada em cada modelo de antena.

O efeito de multicaminho é oriundo de três tipos de reflexão: especular, difusa e da difração. Segundo Comp e Axelrad (1996), o multicaminho especular (Figura 2) é o mais limitante na maioria das aplicações que usam a fase das portadoras e suas diferenças, sendo responsável por, pelo menos, 90% dos erros nas medidas de diferença de fase, e é dominante em aplicações de alta precisão.

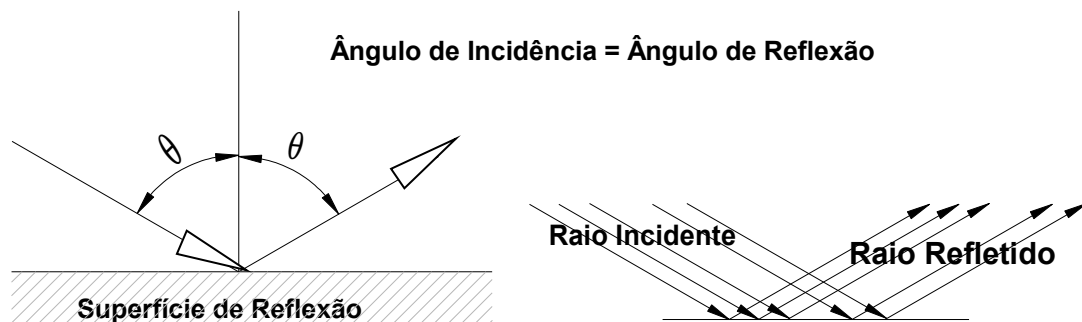


Figura 2 - Reflexão especular.

2. Multicaminho nas Observáveis GPS

O efeito de multicaminho afeta cada uma das observáveis GPS de forma diferente. Para a fase da onda portadora o multicaminho acarreta erros de no máximo $\frac{1}{4}$ de ciclo, o que corresponde a erros máximos de ± 5 cm para L1 e ± 6 cm para L2. Esses erros são um dos grandes problemas para posicionamento estático

e cinemático de alta precisão.

Na pseudodistância obtida pelo código o erro de multicaminho é várias vezes maior do que para a onda portadora, como pode ser observado na Tabela 1. As observações do código P são afetadas duas vezes mais do que as de fase da onda portadora (Seeber, 2003).

Tabela 1 – Valor aproximado dos erros gerados por multicaminho para os códigos.

Código	Erro aproximado provocado pelo multicaminho
P	14,664 m
C/A	146,628 m

3. O efeito de multicaminho na estação de monitoramento contínuo VICO

As antenas das estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC são colocadas sobre pilares estáveis, através de pinos de centragem forçada. As observações coletadas nessas estações são afetadas por erros de multicaminho. E a variação desse erro se deve somente ao movimento de satélite, considerando que não exista qualquer tipo de alteração física no entorno dessas estações.

Essas estações da RBMC são equipadas com receptores geodésicos, que proporcionam observações de qualidade e confiáveis. No ano de 2007, os receptores da maioria das estações da RBMC, foram substituídos por equipamentos mais modernos e com melhor desempenho.

Até 04 abril de 2007, a estação RBMC-VICO, localizada na cidade de Viçosa em Minas Gerais, era equipada com um receptor TRIMBLE 4000SSI e antena DORNE MARGOLIN T (Figura 3), *choke-ring*. Esses equipamentos foram substituídos pelo receptor TRIMBLE NetR5 e antena ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (Figura 4).



Figura 3 – Antena DORNE MARGOLIN T.

Fonte: NGS, 2008.



Figura 4 – Antena ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2.

Fonte: NGS, 2008.

Neste trabalho, realizou-se a análise comparativa de 24 horas de dados coletados na mesma estação, anterior a 4 de abril de 2007 e posterior a esta, tendo como finalidade verificar se houve alguma alteração significativa relacionada ao erro de multicaminho, apenas condicionada à mudança dos equipamentos.

Para fazer tal análise foi utilizado o módulo QC TEQC, do software livre TEQC, *Translate Edit Quality Check*, que foi desenvolvido pela Universidad Navstar Consortium (UNAVCO) em ambiente MS-DOS, o qual verifica a qualidade dos dados de um posicionamento estático coletado por um único receptor GPS de dupla frequência através do arquivo RINEX de observação.

Na figura 5, observa-se a qualidade dos dados do arquivo RINEX utilizado, tanto relacionados com perda de sinal, relação sinal ruído, erros ionosféricos e erros de multicaminho, objetivo dessa pesquisa. A letra **M** representa o aparecimento de multicaminho no arquivo de observação.

Comparando a variação média do erro de multicaminho, para os dias distintos, 2 de abril de 2007 e 24 de agosto de 2007, a onda portadora L1 sofreu um aumento significativo com a troca dos equipamentos, passou de 0,08m para 0,30m. No entanto, a variação média para a onda portadora L2 diminuiu em 0,79m, passou de 1,12m para 0,34m como pode ser observado na Tabela 2.

```

19!  ^+ooooooooooooooooo-I+  ___--oooo2M-+  | 19
20!      ___Imooooooooooooooooooooooooo+  | 20
21!IoIIooooooooo2I___      ___Mooooooooooooo| 21
22!oooooooooooooooooooooI---___      ___-ooo| 22
23!      L-IIooooooooooooooooooooooooo++  | 23
24!oIIII++_      ___+ooooooooooooooooooooo| 24
25!      ++oooooooooooooooooooooIooo-___  | 25
26!oIo++_      ___+ooooooooooooooooo2Mm___  ___--Moo| 26
27!      ___+oooooooooooooooooooooIoIoo++_  | 27
28!      ___+oooooooooooooooooooooIIII++_  | 28
30!o2+___      ___Mooooooooooooooooooooo| 30
31!___  ___+ooooooooooooooooooooo2+___  ___--2oo--_| 31
17!      ___+ooooooooooooooooooooo+L___  | 17
29!II___  ___+oooooooooooooooooooooMoo-___  ___----I| 29
32!_-----_  | 32
-dn!1 111 1 1 22 11 1 11111113321!-dn
+dn!122222111112111222212111111 11111 1 11 1 11112211231135533!+dn
+10!aabbbaaaaaa998889bbbbbaaa99a989999aaaa878887888888888999888aa9aaaaabbaaceech!+10
Pos!ooooooooooooooooo oooooooooooooooooooooooooooooo oooooooooooooooooooooo oooooooooooooooooooooo!Pos
Clk!+++++++|+++++++|+++++++|+++++++|+++++++|+++++++|+++++++|+++++++|Clk
+-----+
00:00:15.000 23:59:45.107
2007 Apr 2 2007 Apr 2

*****
QC of RINEX file(s) : vico0921.07o
input RnxNAU file(s) : vico0921.07n
*****

4-character ID : (name = UICO - RBMC Uicosa) (# = 91696)
Receiver type : TRIMBLE 4000SSI (# = 3631A16595) (fw = Nav 7.29 Sig 3.07)
Antenna type : DORNE MARGOLIN I (# = 070171)
    
```

Figura 5

Arquivo gerado pelo software TEQC de análise da qualidade do arquivo RINEX de 2 de abril de 2007

Tabela 2 – Comparativo entre os dados coletados por receptores diferentes para a estação VICO analisados pelo TEQC.

Modelo de Receptor	TRIMBLE 4000SSI	TRIMBLE NETR5
Modelo de Antena	DORNE MARGOLIN T	TRM55971.00
Início do Rastreo	2 de abril de 2007 às 00:00:15.000	24 de agosto de 2007 às 00:00:00.000
Fim do Rastreo	2 de abril de 2007 às 23:59:45.107	24 de agosto de 2007 às 23:59:45.000
Coordenadas Geodésicas da antena (WGS 84)	20°45' 40.41" S	20°45' 40.41" S
	42°52' 08.73"W	42°52' 09.50" W
Intervalo de Observação	15 segundos	15 segundos
Varição média do Erro de Multicaminho na onda portadora L1	0.084928 m	0.304449 m
Varição média do Erro de Multicaminho na portadora L2	1.123247 m	0.338605 m

4. Conclusão

Os erros de multicaminho para a fase da onda portadora são os mais preocupantes para posicionamentos de alta precisão como é o caso das estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC.

A troca dos equipamentos da estação VICO, nos dias analisados, gerou uma melhora substancial para a onda portadora L2. No entanto, na onda portadora L1 a variação média durante o período de 24 horas foi muito superior ao que se obtinha utilizando a antena *choke-ring*. Este é um ponto que necessita de maiores estudos, de uma análise mais aprofundada, utilizando um número maior de dias de rastreo. Também é importante um estudo do sinal de cada satélite e de sua elevação, bem como do entorno da estação.

5. Referências Bibliográficas

Barbieri, M. J.; Farret, J. C.; Moraes, C. V.; Carneiro, M. Ruído, Multicaminho e Ângulo de Elevação: Qual a Melhor Máscara para Trabalhos com Gps?. In: Revista Geomática, Santa Maria, v.1, n.1 – 2006.

Comp, C. J.; Axelrad, P. An Adaptative SNR-Based Carrier Phase Multipath Mitigation Technique. In: 9th International Technical Meeting, 1996, Kansas City. Proceedings. Kansas City, Missouri: The Satellite Division of the Institute of Navigation, 1996.

Gonçalves, A. S.; Walter, F. Análise da Reflexão Especular do Sinal do Multicaminho. Artigo. Divisão de Engenharia Eletrônica - Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA. São José dos Campos, SP – Brasil, 2005.

NGS. Disponível em <<http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>>. Acessado em 20 de abril de 2008.

Seeber, G. Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 586 páginas, 2003.