

A 1ª Base de Calibração para Antenas GNSS no Brasil

Suelen Cristina Movio Huinca
Jaime Freiberger Junior
Profa. Dra. Cláudia Pereira Krueger
Diuliana Leandro

Universidade Federal do Paraná - UFPR
Setor de Ciências da Terra
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - CPGCG,
Curitiba PR
suelenuinca, jaime, ckrueger@ufpr.br; diuliana_l@hotmail.com

Resumo: O propósito deste artigo é relatar as etapas que constituíram o processo de implantação da Primeira Base de Calibração de Antenas GNSS (*Global Navigation Satellite System*) no Brasil (1ºBCALBR). Foram empregados receptores e antenas geodésicas para a realização dos primeiros levantamentos na 1ºBCALBR, os quais foram empregados na realização das primeiras análises do efeito do multicaminho e sinal ruído.

Palavras chaves: Base de Calibração, GNSS e Antenas.

Abstract: The purpose of this paper is to report the procedures used in the process of implementation of the First Calibration Field Antennas of GNSS (Global Navigation Satellite System) in Brazil (1ºBCALBR). Geodetic receivers and antennas were used to the achievement of the first surveys in 1ºBCALBR. The data were used for carrying out the first analyses the effect of multipath and signal noise.

Keywords: Calibration Field, GNSS and Antennas.

1 Introdução

Um dos erros que causam alterações no posicionamento geodésico de precisão são as variações do centro de fase da antena do receptor. Este centro de fase é o ponto observado em uma antena GPS (*Global Position System*) durante a recepção de um sinal vindo do satélite, ele depende da elevação e orientação do sinal GPS, bem como outros fatores. Nas aplicações de alta precisão, as posições do centro de fase de todas as antenas envolvidas em um projeto devem ser conhecidas e referenciadas a um ponto físico da antena, normalmente ao ARP (*Antenna Reference Point*). Essa referencia, denominada de *Offset* pode ser obtida via calibração.

Em vista da evolução dos processos de calibração de antenas GPS e da inexistência de oferta desses serviços na maioria dos países da América Latina, inclusive no Brasil, torna-se imprescindível o estudo de métodos de calibração de antena GNSS. Fatos esses que despertaram o interesse em implantar uma base de calibração de antena GNSS no Brasil.

A implantação desta base de calibração no Brasil é inovadora e a idéia com a transferência de tecnologia da Alemanha é fruto de um processo de cooperação internacional do Programa Probral (CAPES/DAAD) (Brasil/Alemanha).

2 Implantação da 1ºBCALBR

A primeira base de Calibração de Antenas GNSS foi implantada no Campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, na laje do antigo observatório Astronômico Camil Gemael (Figura 1), anexo a um auditório. Esta laje (Figura 2) é composta por uma lamina horizontal em concreto armado, que pode ser acessada através de uma cobertura que se desloca lateralmente.



Figura 1- Laboratório de Geodésia Espacial (Esquerda) e Observatório Astronômico com Auditório Anexo (Direita).



Figura 2- Laje de Cobertura do Auditório

A opção pela construção da 1º BCALBR nas imediações do Laboratório de Geodésia Espacial (LAGE) se deu em face de que ele fornece toda a infra-estrutura necessária para a realização da calibração de antenas GNSS, como receptores, antenas e outros.

2.1 Construção dos Pilares de Calibração

Os pilares foram construídos em concreto armado, modelo circular (Figura 3), para evitar a presença de cantos que podem favorecer o efeito de multicaminho, com uma altura de 1,30 metros da base do bloco. Uma base de centragem forçada (Figura 4) foi fixada em cada um dos pilares onde a antena GNSS é fixada.

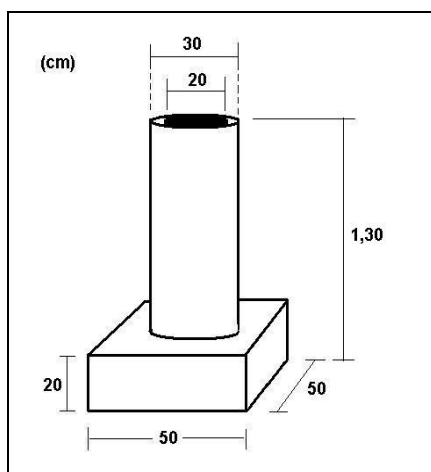


Figura 3- Modelo de Pilar



Figura 4 – Base de Centragem Forçada

2.2 Monitoração Nivelítica da Estrutura

Para a verificação da estrutura de sustentação da 1º BCALBR realizou-se monitoramento nivelítico da estrutura, antes e depois da construção dos pilares de calibração. Materializaram-se seis pinos metálicos (Figura 5) nos blocos da fundação do edifício onde foi realizado o controle vertical.

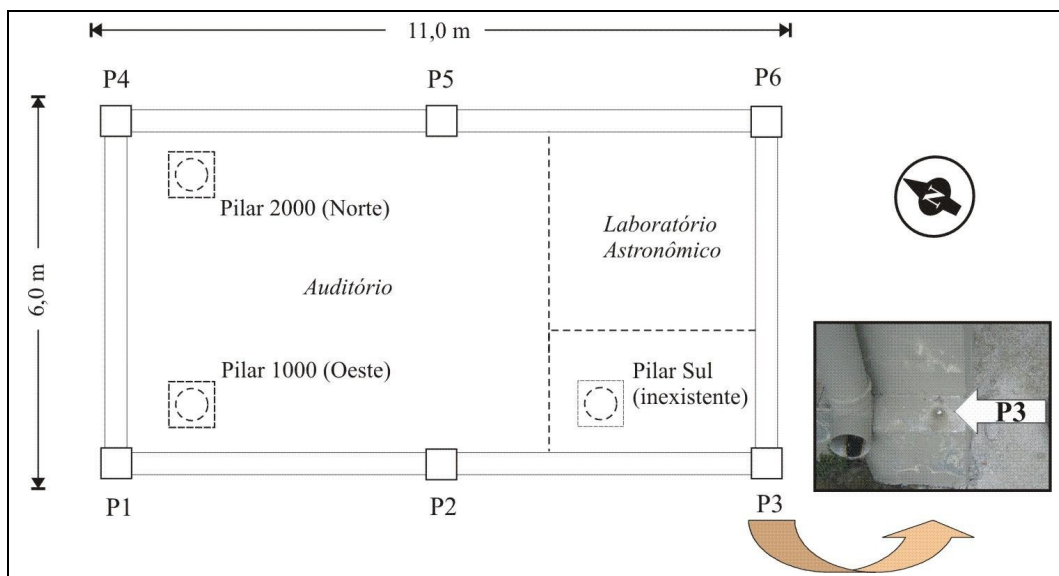


Figura 5- Monitoramento Nivelítico da Estrutura

Utilizou-se o método de nivelamento de visadas iguais. Esse método foi escolhido em face de que os erros provocados pela curvatura da terra, refração atmosférica e colimação vertical, ficam eliminados na diferença de leituras. Também é um método de simples aplicação.

A diferença encontrada entre os dois nivelamentos (antes e depois da obra) com relação a três marcos excêntricos pode ser verificada na Tabela 1. Observa-se pelo sinal negativo nos valores dos desníveis que a estrutura rebaixou em todos os pontos (pinos metálicos) também se verifica que o maior deslocamento vertical encontrado foi no ponto de controle de nível (PCN) número 4.

Tabela 1 – Diferença de Nível nos Pontos de Controle

Diferença encontrada entre os dois nivelamentos (mm)					
Pontos de Controle	de	RM1	RM2	RM3	MÉDIA
PCN1		-0,0003	-0,0003	-0,0003	-0,0003
PCN 2		-0,0003	-0,0003	-0,0003	-0,0003
PCN 3		-0,0002	-0,0002	-0,0002	-0,0002
PCN 4		-0,0006	-0,0007	-0,0004	-0,0006
PCN 5		-0,0004	-0,0004	-0,0003	-0,0004
PCN 6		-0,0003	-0,0003	-0,0002	-0,0003

O controle de nível dos pontos implantados (Figura 5) deverá ser realizado regularmente para garantir que eventuais recalques da estrutura decorrentes da construção dos pilares tenha se estabilizado.

2.3 Análises do Entorno da Estação

Foram realizadas as primeiras observações GPS nos dois pilares de calibração, denominados de 1000 (Oeste) e Pilar 2000 (Norte). Empregou-se o método de posicionamento relativo estático com observações de 24 horas. Com esses dados analisou-se o efeito do multicaminho e do sinal ruído.

A determinação precisa e confiável das características do centro de fase de antenas GPS pela calibração relativa somente é possível com o emprego de pilares de calibração posicionados em locais onde seja evitada a influência do efeito de multicaminho.

2.3.1 Multicaminho

O efeito do multicaminho é uma fonte de erro no posicionamento preciso por GPS, é um fenômeno periódico pelo qual o sinal chega à antena GPS via múltiplos caminhos, atribuídos a reflexão de objetos próximos a antena e a difração (BRAASCH 1996).

Para a avaliação do multicaminho utilizou-se o programa *Wasoft/Multipath*. Esse programa permite a detecção, localização e quantificação das influências do multicaminho na fase da onda portadora. A execução do processo é realizada a partir de três a seis estações fixas. Estas estações não devem distar mais que 100 quilômetros entre si e suas antenas devem ter coordenadas geodésicas conhecidas com precisão de um centímetro. São necessárias observações de 24 horas de rastreamento contínuo e simultâneo baseado em medições nas portadoras L1 e L2.

As três estações utilizadas para a realização da análise do multicaminho dos pilares foram: a estação PARA do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), e duas estações privadas (Manfra e Pinhais).

As observações GPS foram realizadas com duas antenas diferentes (TRM 22020.00-GP e LEIAT 504) para que além da análise com multicaminho pudesse se quantificar qual a antena seria mais favorável para a incidência de sinais refletidos, isto é, condições severas de multicaminho.

2.3.1.1 Multicaminho obtido com as observações adquiridas com a antena TRM22020.00-GP

A antena TRM 22020.00-GP é empregada com receptores GPS de dupla frequência *Trimble 4000 SSI* para fins de medições GPS. Foi denominada-GP, pois se retirou o plano de terra durante as medições.

2.3.1.1.1 Pilar 1000 (Oeste)

Verifica-se na figura 6, que a maior concentração de intensidade máxima (RMS>15 MM) do multicaminho provém de sinais de satélites situados em azimutes próximos a 90° e 225°, em ângulos de elevação entre 10° e 40°. Foi verificado mediante o levantamento de obstrução que nestas regiões afetadas pelo multicaminho encontra-se a estação meteorológica do Instituto Tecnológico SIMEPAR. Neste local existem mastros, instrumentos metálicos que podem causar reflexão. Também há o telhado do observatório astronômico, mureta de proteção da laje e algumas árvores.

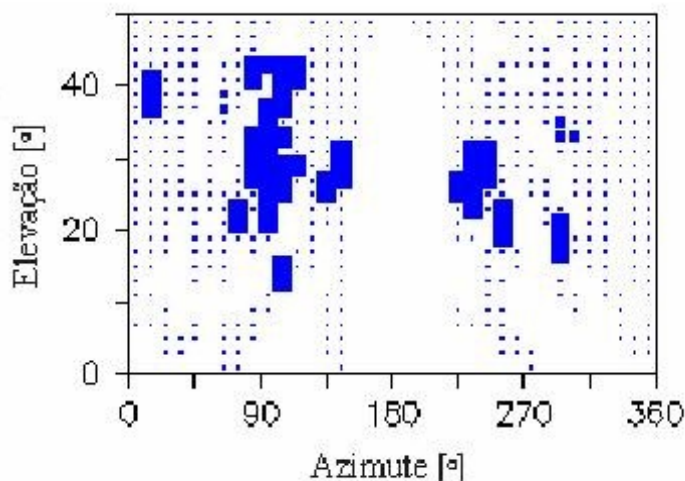


Figura 6- Multicaminho Pilar 1000- Antena TRM22020.00 -GP

2.3.1.1.2 Pilar 2000 (Norte)

Nota-se na figura 7, que as intensidades máximas estão entre azimutes de 90° a 135° e 225° a 250° , satélites com elevação entre 22° e 40° . Os erros encontrados no azimute 225° podem ter origem na reflexão dos sinais na mureta de proteção da laje de cobertura do auditório na região próxima ao redor do pilar e abaixo do horizonte da antena. Ressalta-se que esta é a situação obtida com a antena desprovida do plano de terra.

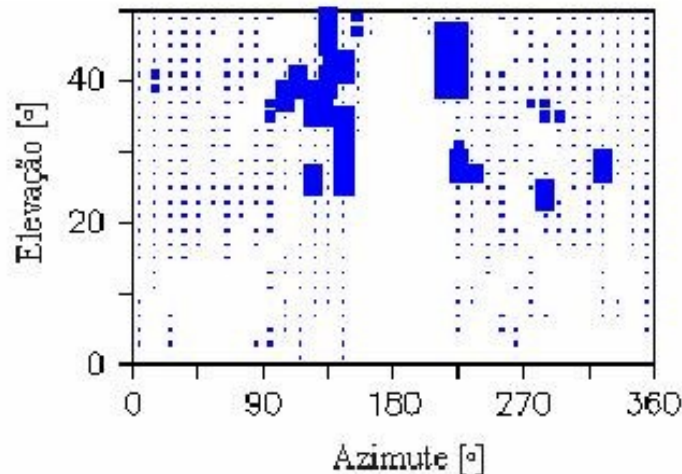


Figura 7- Multicaminho Pilar 2000- Antena TRM22020.00 –GP

2.3.1.2 Multicaminho obtido com as observações adquiridas com a antena LEIAT 504

A antena LEIAT 504 é mais utilizada para diminuir efeitos do multicaminho, já que possui círculos concêntricos que dissipam sinais vindo de outras direções que não seja a direção direta de sinais.

2.3.1.2.1 Pilar 1000 (Oeste) e Pilar 2000 (Norte)

Verificou-se nas figuras 8 e 9 que o multicaminho ocorre em pontos isolados com intensidades máximas (RMS >15mm), sendo mais suscetível a incidência de sinais refletidos o Pilar 1000 (Norte).

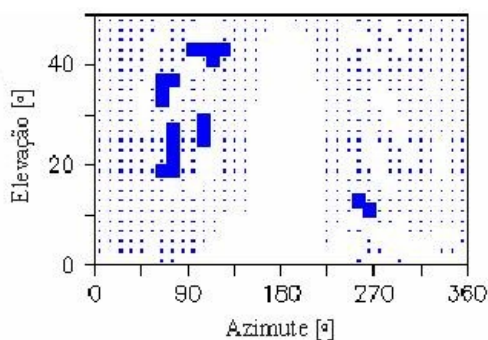


Figura 8- Multicaminho Pilar 1000 -Antena LEIAT 504

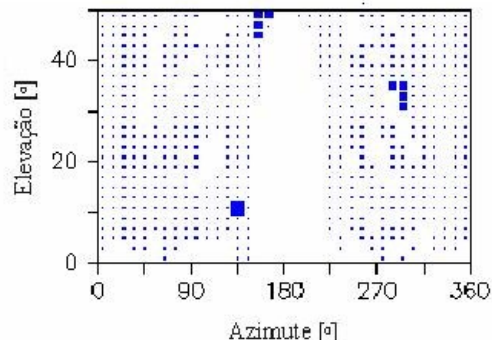


Figura 9- Multicaminho Pilar 2000 -Antena LEIAT 504

Analisando o diagrama de obstrução verificou-se que o Pilar 1000 é aparentemente mais afetado pela vegetação. Desta forma foi solicitado a SEMA (Secretaria do Meio Ambiente) autorização para o corte das árvores. Elas foram removidas em março de 2008 e novos estudos serão realizados para verificar o efeito do multicaminho.

2.3.2 Sinal Ruído (SNR)

A SNR é uma função de fatores locais assim como fatores externos ao receptor. A estes, pertencem o enfraquecimento do sinal no decurso entre as antenas do satélite e do receptor. Recentemente, os valores da SNR têm sido introduzidos como um indicador de qualidade para as observações GPS e usados no desenvolvimento de modelos para a redução do efeito de multicaminho (SATIRAPOD, 2006) visto que a intensidade do sinal expressa pelos valores da SNR é uma função dos parâmetros de multicaminho da fase da onda portadora (SPILKER apud RAY, 1999).

O valor do sinal ruído foi retirado do arquivo RINEX. Geraram-se representações do SNR das observações de 24 horas com a antena TRM22020.00-GP, em função do azimute e elevação dos satélites nas portadoras L1 e L2.

Os valores do SNR foram normalizados e podem ser representados nas figuras 10 e 11 por meio de coordenadas angulares. Pode-se observar que acima de 50° a intensidade é máxima, entre 30° e 50° a intensidade é média e abaixo de 30° de elevação o sinal diminui de grau de intensidade até atingir próximo a zero.

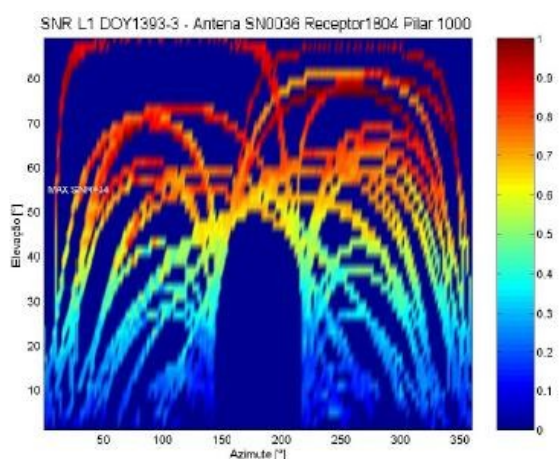


Figura 10- SRN Pilar 1000 –
Antena TRM22020.00-GP

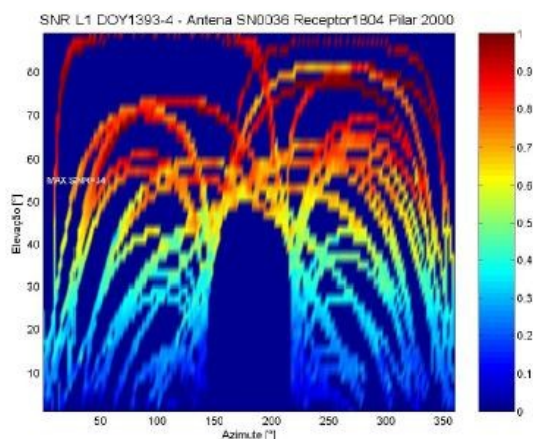


Figura 11- SRN Pilar 2000 –
Antena TRM22020.00-GP

Nota-se que no intervalo de 140° e 220° de azimute e elevação de até 50°, a inexistência de observações em razão da região de sombra da constelação GPS.

Verifica-se na figura 10, Pilar 1000, que alguns satélites apresentaram valores menores da SNR se comparados ao pilar 2000 (Figura 11), especialmente os situados na região de 90° de azimute, entre 35° e 50° de elevação. Como a antena utilizada estava desprovida do plano de terra, deduz-se que estes valores possam estar associados a um suposto aumento de ruído causado principalmente do efeito de multicaminho.

3 Conclusão

Por intermédio de uma cooperação científica da Universidade Federal do Paraná (UFPR) com o Instituto de Geodésia da Universidade de Karlsruhe (GIK), somada ao incentivo e interesse dos órgãos nacionais nesta pesquisa (CAPES), foi possível construir os dois primeiros pilares de calibração (1000-Oeste e 2000-Norte), que formam a Primeira Base de Calibração de Antenas GNSS do Brasil (1ªBCALBR).

No presente momento, está sendo construído o terceiro pilar de calibração de antenas GNSS que também irá integrar a 1ªBCALBR. Esse Pilar será denominado pilar 3000 (Sul), que deverá ser edificado no alinhamento norte-sul com o pilar 2000 (Norte).

Uma tese de Doutorado foi desenvolvida no âmbito de calibração de Antenas GNSS que auxiliou na implantação desta Base de Calibração. Atualmente novos estudos estão sendo realizados nesta base de calibração por alunos de iniciação científica e de mestrado.

4 Referências Bibliográficas

BRAASCH, M. S. (1996). *GPS signal structure and theoretical performance. Global Positioning System: Theory and Applications.* Ed. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Vol. 1, Cap. 3, p. 547-566.

FREIBERGER, J. *Investigações da Calibração Relativa de Antenas GNSS.* Curitiba 2007. Tese (Doutorado em Geodésia) – Setor de Ciências da Terra, UFPR.

SATIRAPOD, C. (2006). *Stochastic models used in static GPS relative positioning.* Survey Review, vol. 38, n. 299, p. 379-386.

SPILKER, J. J. (1996). *Tropospheric Effects on GPS.* In: Parkinson, B. W., J. J. Spilker (Hrsg.): *Global Positioning System: theory and applications.* Vol. 1, p. 517- 546. Washington DC: American Institute of Aeronautics and Astronautics.