

O Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia (LAGEH) e seus Desenvolvimentos Tecnológicos

**Prof^a. Dr^a. Claudia Pereira Krueger
Suelen Cristina Movio Huinca
Anderson Renato Viski
Diuliana Leandro**

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

Resumo: A inovação é fundamental, pois através dela as organizações tornam-se capazes de gerar riqueza contínua e, assim manterem-se ou tornarem-se competitivas nos seus mercados. O Brasil avançou em inovação tecnológica em 2011, e contribuindo com ele é que o Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia (LAGEH), desde 2006, está investindo em inovação tecnológica. No presente artigo apresenta-se inovações desenvolvidas e os resultados preliminares alcançados. Tem-se a implantação da primeira Base de Calibração de Antenas GNSS no Brasil (BCAL/UFPR) pelo método relativo em nível absoluto; o desenvolvimento de bóias Eulerianas e Lagrangeanas para o monitoramento do nível de massas de água e correntes, respectivamente; e desenvolvimento de um material capaz de atenuar o sinal indireto (AEM-02-LAGEH) que chega a uma antena receptora de sinais de uma constelação de satélites artificiais, por exemplo, o GPS. A BCAL/UFPR esta validada é a primeira disponível no Brasil e na América Latina para os usuários. As bóias têm sido testadas no reservatório de Vossoroca, localizado em Tijucas do Sul, Paraná. Elas têm sido aprimoradas conforme as necessidades existentes. Os resultados obtidos com o emprego delas tem sido de extrema importância para a determinação das trajetórias conduzindo a determinação das correntes em massa de água e do nível de água em reservatórios, rios e mares. O AEM-LAGEH mostrou resultados promissores, sendo o seu emprego recomendado a locais em que há ação do efeito do multicaminho.

Palavras chaves: Inovações Tecnológicas, Calibração de Antenas GNSS, Multicaminho.

Abstract: The Innovation is fundamental, because through it organizations become able to generate continuous wealth and thus remain or become competitive in their markets. Brazil has advanced in technology innovation in 2011, and it is contributing to the Space Geodesy Laboratory and Hydrographic (LAGEH) since 2006, is is investing in technology innovation.In the present paper presents innovations developed and preliminary results.

The first technology innovation is the establishment of this calibration basis in Brazil (BCAL/UFPR: Baseline Calibration Station for GNSS Antennas at UFPR) because there was no GNSS antenna calibration service our country and another country of the Latin America existing. The prototypes of monitoring devices for water levels and currents in coastal waters were made by LAGEH. These Instruments were made by national, and low cost technology because most of the commercial equipment on the brazilian market is imported and expensive. The prototypes built for the monitoring of water level variations and currents were tested in Vossoroca reservoir, located in Tijucas do Sul, Paraná, Brazil. Through surveys and the results obtained it was verified that the prototypes are efficient in collecting data, which are important for providing information to systems that enable the determination the currents of the mass of water currents and water levels in reservoirs, rivers and seas. Another important achievement is the Attenuator of the multipath effect (AEM-02-LAGEH). This material was developed because of the need that the multipath effect is minimal in the Baseline Calibration Station for GNSS Antennas. The first results have produced positive results. New prototypes are being developed for minimizing costs and allowing us to obtain precise geodetic positions and marine.

Keywords:Technological Innovations, Antenna Calibration, Multipath effects

1 Introdução

O Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia (LAGEH) está localizado no Campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (FIGURA 1) conta com professores da UFPR e de outras instituições, alunos de programas de pós-graduação e de graduação. As pesquisas desenvolvidas estão atreladas a linha de pesquisa “Posicionamento e Navegação Baseada em Técnicas Espaciais”, a qual teve inicio em 1979 com o emprego de um rastreador Marconi CMA 751, visando desenvolver pesquisas sobre o posicionamento Doppler. Outras pesquisas em nível nacional e internacional foram desenvolvidas dentre elas cita-se: estudo das observações GPS em uma área de grandes perturbações ionosféricas; controle da malha ferroviária do Paraná; emprego do DGPS Preciso no ambiente marinho; desenvolvimento de redes de referência locais visando aplicações do GPS de Alta Precisão em tempo real; determinação do impacto ambiental decorrente da ação antrópica na linha costeira da região de Matinhos (PR); avaliação de metodologias para atualização de linhas de costa no ecossistema brasileiro. Estudo de caso: litoral de Matinhos, PR; posicionamentos GPS de Alta Precisão: investigação de algumas fontes de erros e suas modelagens; avaliação da qualidade de um levantamento batimétrico multifeixe através da comparação entre as linhas de varredura regular e de verificação.

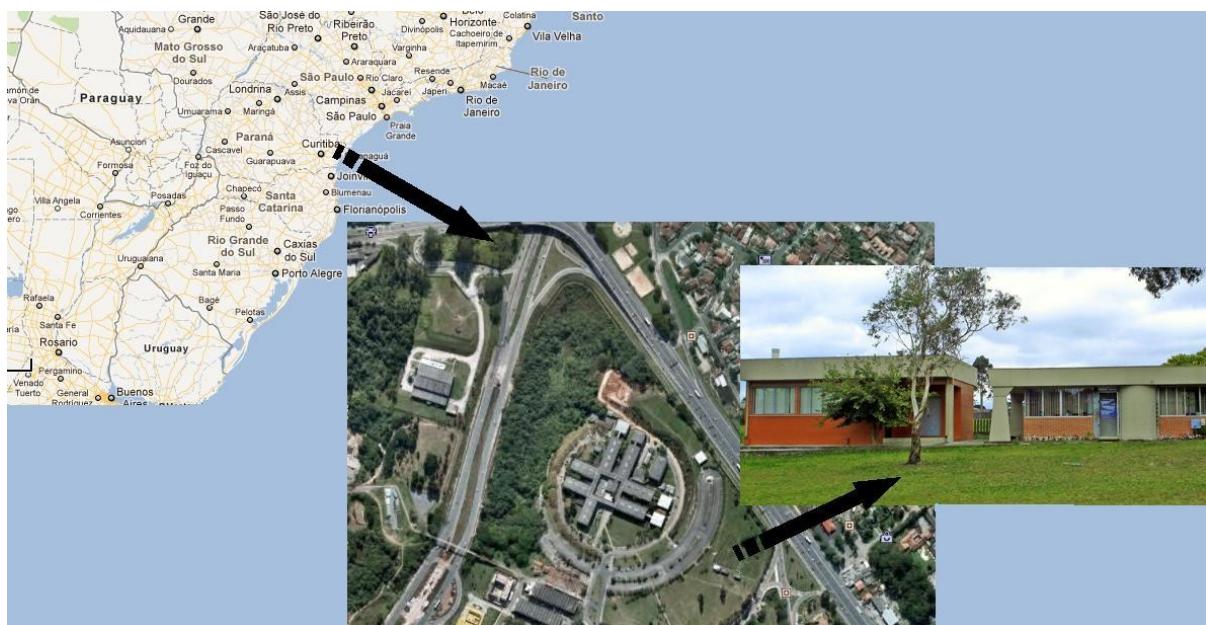


Figura 1 : Localização do LAGEH na Região Sul e no Campus do Centro Politécnico.
Fonte: Adaptado de Google Earth (2012)

Desde 2006, o LAGEH tem voltado esforços para a inovação de produtos e de processos, visando acompanhar uma necessidade nacional. A Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (Anpei) indica que 2011 foi um ano positivo para o Brasil, contudo ainda há uma grande necessidade em se acelerar a implementação de políticas e ações de fomento para que o nosso país não perca a disputa pela competitividade. Segundo comenta Calmanovici (2011) do ponto de vista de recursos, o orçamento da inovação cresceu. Foi possível perceber um comprometimento maior entre todos os atores, inclusive de atores políticos.

Destaca-se que a inovação tecnológica é caracterizada pela presença de mudanças tecnológicas em produtos (bens ou serviços) oferecidos à sociedade, ou na forma pela qual produtos são criados e oferecidos (que é usualmente denominada de inovação no processo). Inovações tecnológicas em produto e processo evidentemente não se excluem mutuamente; pelo contrário, podem se combinar (PLONSKI, 2005).

No presente artigo serão apresentados as inovações desenvolvidas pelo LAGEH e os resultados preliminares alcançados com elas. Dentre elas cita-se: implantação da primeira Base de Calibração de Antenas GNSS no Brasil (BCAL/UFPR); o desenvolvimento de bóias Eulerianas e Lagrangeanas para o monitoramento do nível de massas de água e correntes, respectivamente; e desenvolvimento de um material capaz de atenuar o sinal indireto (AEM-02-LAGEH) que chega a uma antena receptora de sinais

de uma constelação de satélites artificiais, por exemplo, o GPS.

2 Base de Calibração de Antenas GNSS -BCAL/UFPR

Como resultado de um programa de cooperação internacional denominado PROBRAL, (CAPES/ DAAD) e de um projeto de pesquisa aprovado pelo CNPq, edital MCT/CNPq 02/2006 foi implantada a primeira Base de Calibração de Antenas GNSS no Brasil e na América Latina, denominada de BCAL/UFPR. Ela está localizada no Campus do Centro Politécnico, da UFPR.

Esta base foi construída visando possibilitar a calibração de antenas GNSS, fornecendo os parâmetros próprios das antenas GNSS. Desta forma se esta contribuindo para os usuários do sistema de posicionamento por satélites que pretendem atingir alta precisão, visto que, eles podem minimizar o erro centro de fase das antenas que esta atuante no posicionamento, e o qual é uma fonte de erro sistemático que está diretamente ligado à antena de recepção do sinal dos satélites observados. Para as estações de monitoramento contínuo espalhadas pelo mundo é de fundamental importância o emprego de antenas calibradas (LEICA GEOSYSTEMS (2010)).

A calibração das antenas é realizada pelo método relativo em campo (FIGURA 2), emprega-se uma antena de referência cujos parâmetros próprios foram determinados pelo método absoluto na Alemanha pela empresa Geo++. Experimentos realizados por Huinca (2009) mostraram que as diferenças na altitude elipsoidal podem atingir valores de 5 a 10 cm. Verificou ainda que os parâmetros de calibração diferem entre si ao longo do tempo, principalmente em distintas épocas do ano. Pesquisas continuam em andamento na BCAL/UFPR visando o aprimoramento da metodologia de calibração de antenas de forma relativa, em nível absoluto. O efeito do multicaminho e as variáveis ambientais (temperaturas, umidade relativa do ar, precipitação, velocidade do vento) estão sendo investigadas no que tange a influenciado na determinação desses parâmetros (Huinca, 2011). A validação da BCAL/UFPR e de sua metodologia já foi efetuada mediante uma comparação de valores de calibração obtidos nela com valores advindos de uma outra calibração relativa e uma calibração absoluta, realizadas na Alemanha.



Figura 2 – Calibração Relativa em Campo (Huinca e Krueger, 2011).

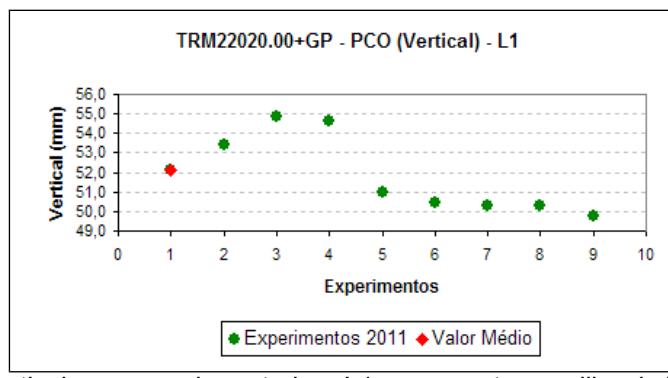


Figura 3 – Componente vertical para a onda portadora L1 para a antena calibrada TRM22020.00+GP e a antena de referência a LEIAR25 (Huinca e Krueger, 2011).

Na FIGURA 3 tem-se os valores da componente vertical (PCO), no ano de 2011, para a onda portadora L1 obtidos a partir de uma calibração relativa, em nível absoluto, para a antena TRM22020.00+GP tendo como antena de referência a LEIAR25. Percebe-se que a amplitude da variação é de aproximadamente 5 mm.

3 Bóias para o monitoramento do nível de massas de água e correntes

Nas FIGURAS 4a e 4b apresentam-se as bóias desenvolvidas pelo LAGEH. Na primeira tem-se uma plataforma Lagrangeana, a qual se destina a determinação da posição da bóia ao longo da trajetória espacial percorrida, contribuindo para a obtenção das velocidades e direções de correntes em corpos de água. As segundas (FIGURA 4b) consistem numa plataforma Euleriana, a qual tem por finalidade de realizar pesquisas com relação à variação do nível de massas de água.

Elas foram construídas visando coletar as informações necessárias para um projeto de pesquisa desenvolvido no reservatório Vossoroca (FIGURA 5), que se situa no município de Tijucas do Sul ($25^{\circ}55'40''S$ e $49^{\circ}11'56''W$, Sistema de referência WGS-84), a 40 km de distância da capital do estado do Paraná, Curitiba, e tem acesso pela rodovia BR 376.



Figura 4a – Plataforma Lagrangeana- Primeiro Protótipo



Figura 4b – Plataforma Euleriana em Vossoroca com AEM-LAGE

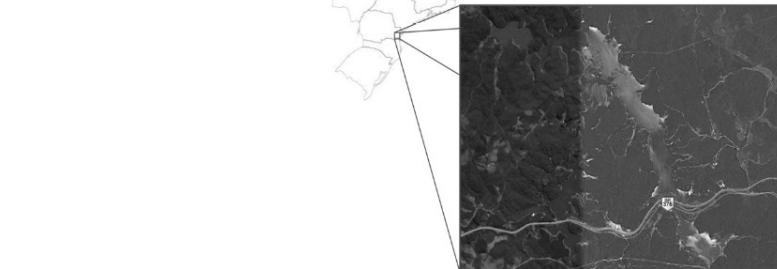


Figura 5 – Localização do reservatório de Vossoroca (Viski, et al, 2011)

As bóias desenvolvidas pelo LAGEH possibilitaram o armazenamento de dados (código C/A, onda portadora L1 e mensagem de navegação) advindos de satélites GPS a cada 1 segundo. Os dados coletados foram processados em um programa comercial (Ashtech Solution 2.7) possibilitando a obtenção das coordenadas geodésicas do ponto sobre o qual a bóia Euleriana estava instalada ou daqueles que compõem a trajetória descrita pela bóia Lagrangeana. Só foram consideradas nas análises as soluções advindas da dupla diferença de fase fixa

Verificou-se a variação do nível da água em um ponto do reservatório mediante as coordenadas precisas obtidas com o posicionamento da bóia Euleriana devidamente instalada (FIGURA 6). Percebe-se que uma

variação máxima de 12 centímetros do nível da água.

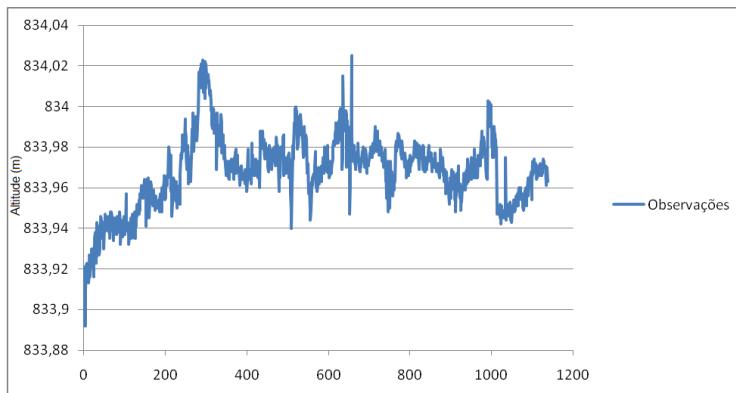


Figura 6 – Variação do nível da água em um ponto do reservatório de Vossoroca (VISKI, 2011)

Novos protótipos estão sendo desenvolvidos seguindo um modelo de bóia de deriva adotado pelo NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). É uma bóia compacta e de fácil lançamento em massas de água. O Este novo modelo possui um habitáculo central e possui um sistema de rastreamento GPRS, o qual informa à sua posição para localização e resgate da plataforma durante permanência da coleta de dados, por meio de telemetria.

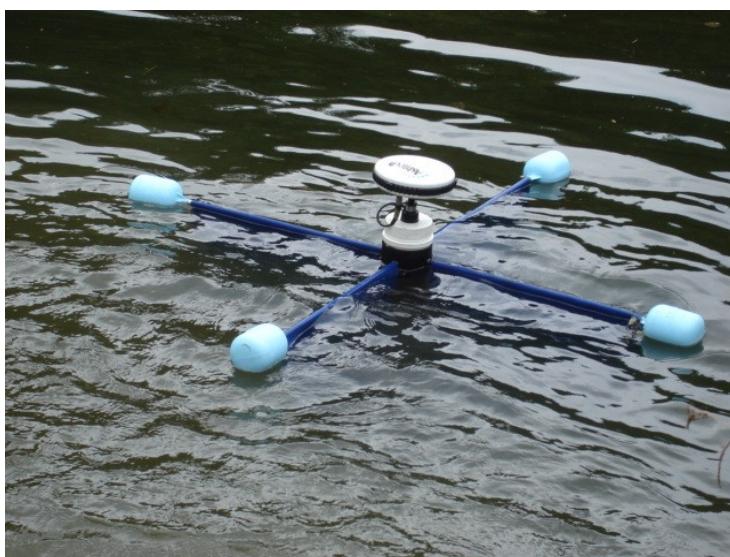


Figura 7 – Plataforma Lagrangeana, versão 3, no reservatório de Vossoroca em teste (VISKI, 2011)

4 Atenuador do Efeito do Multicaminho (AEM-02-LAGEH)

O LAGEH vislumbrou a necessidade em desenvolver um material atenuador do efeito do multicaminho, o qual ocorre quando o sinal emitido por um satélite chega à antena do usuário por mais de um caminho, ou seja, quando chega o sinal enviado diretamente pelo satélite (S_d) e pelos sinais refletidos (S_i) pelo entorno da estação (por exemplo: árvores, construções, massa d'água) (SEEBER, 2003).

Segundo Ray (1999), o erro decorrente do efeito multicaminho pode variar desde poucos centímetros até metro, dependendo da quantidade de obstruções presentes na área de levantamento e da refratividade da superfície do material que irá refletir o sinal incidido.

O protótipo desenvolvido tem como base o princípio da tecnologia MARE (Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética) empregado no uso civil como isolante de sinais eletromagnéticos ou uso militar Stealth (termo em inglês para escondido ou furtivo), a qual é empregada em aviões, submarinos e helicópteros de combate, tornando esses aparelhos imperceptíveis aos radares e sonares (USAF, 1996).

Na FIGURA 8 apresenta-se o primeiro AEM-LAGEH desenvolvido, ele tem a propriedade de refletir ou absorver ondas eletromagnéticas, transformando essas ondas em calor. A sua eficiência foi testada por meio de posicionamentos de precisão realizados na base de calibração BCAL/UFPR (VISKI, 2010) e comparando-se os resultados alcançados com o seu emprego com aqueles obtidos com o uso de um material isolante importado.



Figura 8 - AEM-LAGEH (Huinca e Krueger, 2011)

Foram realizados três experimentos sendo: o primeiro sem nenhum material isolante, segundo com material isolante importado, terceiro com AEM-LAGE. Os dados coletados pelo método de posicionamento absoluto foram analisados através do programa TEQC, que indica o nível de variação média do efeito do multicaminho no marco ocupado (Pilar 3000 (Sul) da BCAL/UFPR).

Observou-se que a variação média do efeito do multicaminho para a onda portadora L1, no experimento 1 foi de aproximadamente 0,45 metros, para os 2º e 3º experimentos foi de aproximadamente 0,30 e 0,40 metros, respectivamente. Para a portadora L2, comparando-se os três experimentos percebe-se que a variação média entre os 1º e 3º experimentos é de aproximadamente 0,20 metros e realizando-se uma comparação entre o 2º e 3º experimentos o resultado foi praticamente igual.

Mediante estas análises pode-se concluir que o primeiro protótipo AEM-LAGEH produziu resultados significativos. Houve a atenuação do efeito do multicaminho, pois a variação média desse efeito foi menor quando se utilizou o material atenuador produzido pelo laboratório.

No momento encontra-se em desenvolvimento o terceiro protótipo do AEM, esse terá as mesmas dimensões do anterior, contudo apresentará uma nova composição química na sua construção. Também ele será acompanhado de um suporte regulável, o qual permitirá que o material atenuador esteja praticamente “grudado” sob as antenas evitando a incidência de sinais causados por satélites com baixa elevação (VISKI, 2011).

5 Conclusão

A base da calibração é uma inovação tecnológica para o Brasil e a América Latina, pois fornece um novo serviço. Ela está validada e pode proporcionar a comunidade científica os parâmetros próprios das antenas GNSS calibradas a partir de uma calibração relativa em campo em nível absoluto.

As bóias Eulerianas e Lagrangeanas contribuem para a inovação tecnológica do LAGEH colocando a disposição da comunidade um produto econômico. Possibilitam ainda uma eficiência no processo de determinação de correntes e de nível da água em massa de água, como em reservatórios, rios e mares.

O material atenuador está dentro da inovação tecnológica por atender principalmente a definição de inovação de fazer mais com menos recursos. Também propiciará a introdução no mercado de um produto mais econômico.

Com estes desenvolvimentos o LAGEH está apresentando mudanças tecnológicas em produtos e serviços que poderão ser fornecidos à sociedade.

A inovação é fundamental, pois através dela as organizações tornam-se capazes de gerar riqueza contínua e, assim manterem-se ou tornarem-se competitivas nos seus mercados.

6 Algumas Referências Bibliográficas

- CALMANOVICI, C.** Brasil avançou na inovação tecnológica em 2011. Disponível em <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=brasil-avancou-inovacao-tecnologica>, 2011.
- FREIBERGER JUNIOR, J.** Investigações Da Calibração Relativa de Antenas GNSS. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas). Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, 2007.
- HUINCA, S.C.M.** Calibração Relativa de Antenas GNSS na BCAL/UFPR. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas). Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, 2009.
- HUINCA, S.C.M; KRUEGER, C.P.** Correlação Das Variáveis Ambientais E Efeito do Multicaminho com os Parâmetros de Calibração (PCO) de Antenas GNSS. Resumo apresentado nos Anais do VII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. Curitiba, 12 a 14 de setembro de 2011.
- HUINCA, S.C.M.** Investigações quanto a Calibração relativa de antenas GNSS na BCAL/UFPR. Exame de Qualificação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, 2011.
- KRUEGER, C.P.** Posicionamento por Satélites. Apostila do curso de especialização em geotecnologias, Universidade Federal do Paraná, 2006.
- LEANDRO, D.** Investigação do Posicionamento GPS em Ambientes Internos com o Auxílio do Efeito de Multicaminho. Dissertação. Curitiba, 2009.
- LEICA GEOSYSTEMS.** The Leica NRS Technical Newsletter from Leica Geosystems. Four Your Reference. Issue 02. November 2010.
- MADER, G.** GPS Antenna Calibration at the National Geodetic Survey. GPS Solutions, Vol. 3, N°1, p.50-58, 1999.
- MONICO, J. F. G.** Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. 2 ed. São Paulo, Editora UNESP, 2008.
- PLONSKI, G.A.** Bases para um movimento pela inovação tecnológica no Brasil. São Paulo Perspec. Vol 19, n.1, São Paulo, Versão Impressa ISSN 0102-8839, Jan/Mar, 2005.
- RAY, J.K.** Use of Multiple Antennas to Mitigate Carrier Phase Multipath in Reference Stations. In: International Technical Meeting, 12., Nashville, 1999
- SEEBER, G.** Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 586 páginas, 2003.
- USAF (United States Air Force)** Disponível em <<http://www..airforce.com>> Acesso realizado em 20 de maio de 2011.
- VISKI A. R.** Investigação de Material Isolante para Dissipação de Efeito de Multicaminho em Antenas GNSS. Livro de Resumos do 18º Evinci e 3ºEinti. Ciências Exatas e da Terra. Outubro de 2010.
- VISKI A. R.** Investigação do Efeito do Multicaminho no Posicionamento GNSS de Plataformas Lagrangeanas e Eulerianas em Massas de Água. Exame de Qualificação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, 2011
- VISKI A. R., WERLICH, R. M. C.;KRUEGER, C.P., HUINCA,S. C. M.; LEANDRO,D.; BLENINGER, T.; e FERNANDES, C. V. S.** Prototypes of Monitoring Devices for Water Levels and Currents in Coastal Waters. Journal of Coastal Research SI 64, 618-621, ICS2011, Poland, ISSN 0749-0208, 2011.