

## Atividades de Pesquisa do Laboratório de Geodésia Espacial da UFPR

Prof. Dr. Marcelo C. Santos <sup>1</sup>  
 Prof. Dra. Claudia P. Krueger <sup>2</sup>  
 Prof. Dr. Luis Danilo D. Ferreira; <sup>3</sup>  
 Prof. Dr. Sérgio M. Fabri <sup>4</sup>  
 Alexandre do Prado <sup>5</sup>  
 Cristiano B. Souza <sup>6</sup>

Universidade Federal do Paraná  
 Departamento de Geociências  
 Caixa Postal 19011  
 81531-990 Curitiba PR

<sup>1</sup> ✉ [mcsantos@geoc.ufpr.br](mailto:mcsantos@geoc.ufpr.br)

<sup>2</sup> ✉ [ckrueger@cce.ufpr.br](mailto:ckrueger@cce.ufpr.br)

<sup>3</sup> ✉ [daniilo@geoc.ufpr.br](mailto:daniilo@geoc.ufpr.br)

<sup>5</sup> ✉ [aleprado@cce.ufpr.br](mailto:aleprado@cce.ufpr.br)

<sup>6</sup> ✉ [crisbri@cce.ufpr.br](mailto:crisbri@cce.ufpr.br)

**Resumo:** As atividades de pesquisa desenvolvidas no âmbito do Laboratório de Geodésia Espacial (LAGE) da Universidade Federal do Paraná são aqui apresentadas. O artigo apresenta uma descrição sucinta das atividades, bem como resultados mais significantes de cada uma delas. As atividades descritas na apresentação estão relacionadas, dentre outros: a estação de monitoramento contínuo dos satélites GPS; ao emprego do GPS no âmbito marinho; ao projeto de mapeamento digital do aquífero Cárstico; ao emprego do GPS no cálculo da vazão de rios de grande porte; na avaliação da performance do método estático rápido; no experimento multi-paramétrico para determinação de deformações da crosta no sul do Brasil; e, na determinação de atitude de satélites artificiais.

**Palavras chave:** Geodésia Espacial; atividades laboratoriais.

**Abstract:** This paper summarizes the activities carried out by the Space Geodesy Laboratory (LAGE) of the Federal University of Paraná. LAGE supports the on-going research developed within the Graduate Programme in Geodetic Sciences and teaching related activities for the Undergraduate Surveying Programme. These activities are focused on in a historic perspective.

**Key words:** Space Geodesy; Laboratory activities.

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Histórico
	3 Descrição Das Atividades
	4 Considerações Finais
	5 Referências

### 1 Introdução

O Laboratório de Geodésia Espacial (LAGE) agrega as atividades de posicionamento por técnicas espaciais e de navegação. Este Laboratório, localizado no Campus do Centro Politécnico, vem dando suporte instrumental e computacional aos projetos de pesquisas, nacionais e internacionais, desenvolvidos no âmbito do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, envolvendo, com maior ênfase, o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

O LAGE está equipado com dois receptores Ashtech Z-12 com "link" de rádio Pacific Crest, dois receptores Trimble 4000 SST, e dois receptores Trimble 4000 SSI, além de um ecobatímetro digital Odom Hydrographics, e respectivos acessórios. Para o processamento de dados coletados a partir de quaisquer satélites, o Laboratório conta com os programas científicos Gipsy e Geodyn. Para o processamento de dados GPS, o laboratório conta com os programas comerciais Prism e GPSurvey, e com os programas científicos Geonap S e K, Bernese, Gipsy, KARS e Geodyn.

Este artigo tem como objetivo descrever resumidamente as atividades desenvolvidas pelo LAGE no biênio 96/97.

### 2 Histórico

As primeiras atividades na área de rastreamento de satélites, por esta instituição, se deram em 1979 com a utilização de um

rastreador Marconi CMA 751, visando desenvolver pesquisas sobre o posicionamento Doppler. Em 1985, foi desenvolvido um projeto de pesquisa dentro do convênio de Cooperação Técnica Brasil-República Federal da Alemanha e com o apoio da Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Instituto de Terras, Cartografia e Florestas (ITCF), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), do Institut für Erdmessung (IfE) da Universidade de Hannover (UH) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Esse projeto teve como objetivo principal estudar o comportamento do Método Doppler na solução multiestação e com essa solução realizar o controle da Rede Planimétrica Fundamental Brasileira (Seeber, 1985; Campos, 1987). Dando continuidade aos trabalhos de pesquisa, em 1987 foram utilizados 4 receptores Texas TI 4000 (trazidos da Alemanha) visando a realização de redes de controle; uma para o controle de deformações em barragens, e outra para o controle de uma rede metropolitana básica para fins de planejamento e cadastro; e a reocupação de parte dos pontos da Rede Planimétrica Fundamental Brasileira (Campos & Seeber, 1988; Campos *et al.*, 1988). Em 1990, foi desenvolvido um projeto de pesquisa intitulado "Estudo das observações GPS em uma área de grandes perturbações ionosféricas", no qual participaram a UFPR, IfE (UH), CTA/IAE, IBGE, UFPE, Observatório Nacional e USP. Visando monitorar o movimento do eixo de rotação da Terra, o Nível Médio dos Mares e controlar os movimentos e deformações de placas tectônicas, reuniram-se 44 países em uma campanha na qual foram ocupadas mais de 150 estações, dentre as quais 2 localizavam-se nesse Laboratório. Participaram desta campanha a UFPR, IBGE e o INPE/NASA. Em 1994 foi firmado um convênio entre a UFPR e a RFFSA visando uma cooperação técnica e científica no controle da malha ferroviária do Paraná (Krueger, 1994a; Massinhan, 1996). Em 1995, foi desenvolvido um novo projeto entre a UFPR e o IfE (UH), envolvendo o CNPq e a KFA, visando a obtenção de um sistema de referência geodésico, dentro do qual em 1997 foi aplicado o DGPS Preciso no ambiente marinho. Cabe ressaltar que dentro destas cooperações internacionais foi doado a este laboratório 2 receptores SST, 1 receptor Trimble 4000 SSI e os programas GEONAP S e K.

### 3 Descrição Das Atividades

#### 1- Estação GPS permanente:

Inicialmente, dentre todas as atividades desenvolvidas pelo LAGE, pode-se destacar aquela relacionada com o gerenciamento e manutenção da estação GPS permanente Curitiba/UFPR, conhecida pela sigla internacional "PARA" (de Paraná). Esta estação GPS foi a primeira estação permanente do gênero no Brasil totalmente mantida por uma instituição brasileira, tendo começado sua operação em 26/10/1994. Esta estação permanente possibilitou a participação da UFPR em campanhas GPS internacionais, tais como o BRASION, GIG e SIRGAS. Esta estação incorporou-se à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos satélites GPS (RBMC) no dia 13 de dezembro de 1996, tornando-se a primeira estação desta rede em operação.

#### 2- Utilização do GPS no âmbito marinho:

Esta atividade apresenta os seguintes objetivos: investigações sobre aplicações de alta precisão no âmbito marinho (Krueger, 1994b; Krueger, 1996; Krueger, 1997), monitoramento das áreas costeiras sujeitas a erosão e a sedimentação; levantamentos geodésicos em áreas costeiras do Paraná, levantamentos hidrográficos precisos, desenvolvimento de redes de referência locais visando aplicações do GPS de alta precisão em tempo real, mapeamento do fundo do mar, monitoramento do nível do mar, apoio a engenharia costeira, controle de atitude em embarcações, bóias e plataformas, e outros.

#### 3- Mapeamento Digital do Aquífero Cárstico:

Uma das alternativas em termos de abastecimento de água de Curitiba se encontra na utilização do aquífero Cárstico. Uma área teste foi estabelecida no sítio de Tranqueira, objetivando o mapeamento digital do aquífero, e conseqüente compreensão dos seus mecanismos, visando sua futura utilização. Para tal, receptores GPS foram utilizados para a determinação das coordenadas dos poços artesianos, bem como para a definição de um mapa geoidal local. Este mapa foi gerado combinando-se informações oriundas de rastreamento sobre RRNN de primeira ordem com informações obtidas a partir de outros dois mapas geoidais pré-existentes, um derivado a partir do programa MAPGEO e o outro fornecido por Sá (1996). Melhor concordância foi obtida com o segundo mapa geoidal (Santos *et al.*, 1997).

#### 4- Emprego do GPS no cálculo de vazões de rios de grande porte:

Esta atividade fundamenta-se na associação de dados de posição e de navegação obtidos a partir da constelação GPS utilizando-se receptores Ashtech Z-12, de valores batimétricos coletados com o ecobatímetro digital Odom Hydrographics e de um molinete para o cálculo da velocidade relativa do barco com respeito à massa d'água. Como campo de testes utilizou-se uma seção da CESP no rio Paraná, no município de Porto São José, PR, que possui uma série temporal de vazões que serve como parâmetro de comparação com os resultados obtidos da associação dos instrumentos citados acima (Lessa, 1996)

#### 5- Avaliação da performance do método de posicionamento estático rápido:

Esta atividade foi desenvolvida com o intuito de avaliar a performance do método de posicionamento estático rápido através de um levantamento controlado, isto é, os pontos levantados possuem coordenadas conhecidas a priori, no qual existe uma variação do distanciamento dos pontos levantados com respeito a estação base (ou de referência). O processamento dos dados foi efetuado com diferentes programas. Nesta etapa, os dados foram repartidos em três janelas distintas, a saber, 5, 10 e 15 minutos. A análise da precisão foi feita através da comparação das coordenadas oriundas do levantamento estático rápido com aquelas previamente conhecidas (Santos *et al.*, 1998)

#### 6- Projeto visando o estabelecimento de um serviço de WADGPS baseado na RBMC:

A utilização da técnica conhecida por DGPS (*Differential GPS*) traz consigo algumas limitações em termos de acurácia e alcance com respeito a estação monitora. De fato, a correção diferencial aplicada é um escalar, que traz embutido todos os erros das observações. Uma alternativa, investigada neste projeto, diz respeito ao emprego de várias estações monitoras, o que permitiria um alcance geográfico maior, bem como a discriminação das diversas fontes de erro que afetam a correção diferencial. Neste caso, a correção diferencial se constitui em um vetor. Até o presente momento, os algoritmos visando a modelagem dos erros foram definidos, bem como encontra-se em andamento um estudo comparativo entre os diversos modelos da troposfera, utilizando-se de dados coletados pela RBMC (Silva *et al.*, 1997; Santos, 1997).

#### 7- Experimento multi-paramétrico para determinação de deformações da crosta no sul do Brasil:

Este experimento se vale de observações GPS visando a detecção de fenômenos geodinâmicos na determinação da posição geocêntrica do DATUM vertical do Sistema Geodésico Brasileiro. Para tal, foram realizadas observações contínuas em três estações: Imbituba/SC, Blumenau/SC e Curitiba/PR, por um período de 30 (trinta) dias. Na primeira etapa do processamento considerou-se a estação de Curitiba como base (fixa). Com isso, foi possível analisar o comportamento geodinâmico das estações Imbituba e Blumenau, através das variações relativas de posições constatadas. Informações de outros sensores, tais como gravímetros, são

integradas às observações com o intuito de aumentar o conjunto de informações disponíveis para a análise. Numa segunda etapa de processamento, as três estações estão sendo tratadas isoladamente, atreladas a estações do IGS. (de Freitas et al., 1997)

8- Determinação de órbita e atitude de satélites artificiais:

Dentro das atividades do Laboratório de Geodésia Espacial encontra-se o Segmento Espacial cujos objetivos são a Determinação e Propagação de Órbitas dos satélites GPS (Mog, 1995; Ferreira & Kuga, 1997; Ferreira, 1997) e Determinação de Atitude de satélites artificiais utilizando a constelação GPS (Fabri et al., 1996; Lopes et al., 1997a; Lopes et al., 1997b; Fabri, 1997).

9- Apoio à implantação da Rede GPS da COPEL e da Rede Estadual GPS do Paraná:

A Universidade Federal do Paraná, através do LAGE, participou da implantação e processamento da Rede GPS da COPEL (Cunha et al., 1996; Cunha et al., 1997; Cunha, 1997) e da Rede GPS do Paraná (SEMA) com o objetivo de estabelecer um referencial cartográfico para o Estado, proporcionando apoio aos trabalhos que necessitem de pontos de referência com alta precisão.

10- Monitoramento dos Trens com o GPS:

Esta atividade teve seu início em 1993, visando uma cooperação técnica e científica no controle da malha ferroviária do Paraná. As atividades desenvolvidas foram o monitoramento de trens utilizando o GPS Diferencial (Krueger, 1994), o emprego de uma navegação controlada e o controle de cauda dos trens (Massinhan, 1996; Massinham & Campos, 1996).

11- Apoio às aulas da Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e da Graduação em Engenharia Cartográfica:

Além das atividades científicas desenvolvidas pelo LAGE, ele serve também como um laboratório de apoio às aulas de campo na disciplina de Métodos de Medidas e Posicionamento em Geodésia do curso de Engenharia Cartográfica, bem como a dissertações e teses desenvolvidas pelos alunos do curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR.

## 4 Considerações Finais

As atividades desenvolvidas pelo LAGE, resumidas neste artigo, somente tiveram êxito com a dedicada participação de professores e alunos Curso de pós-Graduação em Ciências Geodésicas (CPGCG), tais como Pedro Faggion, Antonio José Berutti Vieira, Henrique Firkowski, Sérgio Fabri, Marcelo José Pereira da Cunha, Jucilei Cordini e Sonia Alves Costa. Igualmente deve-se mencionar o apoio da coordenação do CPGCG. Menciona-se também a origem de recursos financeiros provenientes dos órgão de fomento, CAPES e CNPq, bem como apoio da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da UFPR.

## 5 Referências

- CAMPOS, M.A.** "Controle da Rede Geodésica Brasileira por meio de satélites do sistema NNSS". Tese de doutoramento em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1987.
- CAMPOS, M.A.; SEEGER, G.** "Posicionamento com GPS no Brasil-Projetos e Resultados". Primeiro Seminário Panamericano de Cartografia, Bogotá, Colômbia, 1988.
- CAMPOS, M.A.; SEEGER, G, ROMÃO, V.M.** "Positioning with GPS in Brazil". CSTG Bulletin, nº.10, Munique - R.F.A., 1988.
- CUNHA, M. J. P., M. C. SANTOS, J. B. ANDRADE, F. A. ROSIER & A. L. MARQUES.** "Aplicação do Sistema de Posicionamento Global no cadastramento de redes de distribuição elétrica". II Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 14-18 de outubro, Vol. III, pp. 229-235, 1996.
- CUNHA, M.J.P.** "Utilização do Sistema de Posicionamento Global para o cadastramento de redes de distribuição elétrica". Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Dissertação de Mestrado, fevereiro de 1997.
- CUNHA, M. J. P., M. C. SANTOS & J. B. ANDRADE.** "Aplicação do Sistema de Posicionamento Global para unificação de bases cadastrais". Anais do GIS Brasil, (CD-ROM), Sagres Editora, Curitiba, PR, 2-7 de maio, 1997.
- DE FREITAS, S. R., M. C. SANTOS, J. CORDINI & E. MARONI.** "Multi-parametric experiment for observing crustal deformations in Southern Brazil ". Book of Abstract, Scientific Assembly, International Association of Geodesy, Rio de Janeiro, RJ, 3-9 de setembro, p. 218, 1997.
- FABRI, S.M; LOPES, R.V.F; FERREIRA, L.D.D.** "Primeira campanha exploratória UFPR&INPE sobre observações GPS ". Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, PR, 1996.
- FABRI,S.M.**"Determinação de atitude de satélites artificiais estabilizados por rotação com o uso do GPS". Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Tese de Doutorado, novembro de 1997.
- FERREIRA, L.D.D.** "Dinâmica orbital". Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, PR, 1997.
- FERREIRA, L. D.D; KUGA, H.K.** "Avaliação dos efeitos da pressão de radiação solar para satélites GPS". Boletim de Ciências Geodésicas, v.2, pp.3-11, Curitiba, UFPR, 1997.
- KRUEGER, C.P.** "Posicionamento Cinemático de Trens". Dissertação de mestrado em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, janeiro, 1994a.
- KRUEGER, C.P.** "The application of the GPS to the environmental studies of the Paraná River". INSMAP94, Hannover, 1994b.
- KRUEGER, C.P.** "Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho". Tese de doutoramento em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 1996.
- KRUEGER, C.P., et all.** "Aplicações do DGPS Preciso em tempo real no âmbito marinho". CBC, Rio de Janeiro, 1997.
- LESSA, R.** "Emprego do GPS no cálculo de vazões de rios de grande porte". Proposta de Pós-Doutorado, Curso de Pós-

Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, setembro, 1996.

**LOPES, R.V.F; FABRI, S.M; FERREIRA, L.D.D.** "Attitude determination for spin stabilized satellites from GPS interferometry". Apresentado no AAS/AIAA Space Flight Mechanics Meeting, Huntsville, 10-12, Alabama, USA, 1997a.

**LOPES, R.V.F; KUGA, H.K; FABRI, S.M; FERREIRA, L.D.D.** "GPS-Based navigation solution and spin axes attitude determination: numerical results of on the ground experiment". Proceedings of 12th International Symposium on Space Flight Dynamics, ESOC, Darmstadt, Germany, 2-6 June 1997b.

**MASSINHAN, J.** "Utilização do GPS no Apoio ao Controle Operacional de Veículos Ferroviários". Dissertação de mestrado em Ciências Geodésicas - Universidade Federal do Paraná, Julho, 1996.

**MOG, D.E.** "Determinação de órbita dos satélites NAVSTAR-GPS". Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 1995.

**SÁ, N.C.** *Comunicação Pessoal, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, outubro, 1996.*

**SANTOS, M. C., A. J. B. VIEIRA & H. FIRKOWSKI.** "The GPS component of the project for digital mapping of the Karst aquifer system near Curitiba, Brazil". Book of Abstract, Scientific Assembly, International Association of Geodesy, Rio de Janeiro, RJ, 3-9 de setembro, p. 86, 1997.

**SANTOS, M. C.** "Alguns aspectos relativos à concepção de um sistema WADGPS". Anais do IV Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, Escola Politécnica, USP, São Paulo, SP, 4 a 6 de novembro, pp. 383-389, 1997

**SANTOS, M.C., C.P. KRUEGER, A. PRADO & C.B.SOUZA.** "Avaliação da performance do método estático rápido". GIS Brasil 98 em CD-ROM, Sagres Editora, Curitiba, PR, 20 a 26 de maio, 1998.

**SEEBER, G.** "Some examples of Doppler measurements for control surveys in Latin America". Proc. FIG Joint Meeting. Munique, Germany, 1987.

**SILVA, N. C. C., M.C. SANTOS & L. C. OLIVEIRA** "A comparative study on the behaviour of tropospheric models using data collected by the RBMC network". Book of Abstract, Scientific Assembly, International Association of Geodesy, Rio de Janeiro, RJ, 3-9 de setembro, p. 94, 1997.