

## AVALIAÇÃO DE DOIS ANOS DA COOPERAÇÃO INTERNACIONAL PROBRAL ENTRE CPGCG E O GIK

CLÁUDIA PEREIRA KRUEGER

Universidade Federal do Paraná - UFPR  
Setor de Ciências da Terra  
Departamento de Geomática  
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - CPGCG  
{ckrueger}@ufpr.br

**RESUMO** – Este artigo apresenta os principais resultados alcançados em dois anos do projeto de cooperação internacional PROBRAL, intitulado “Densificação do SIRGAS no Brasil com o posicionamento GPS de alta precisão: modelagem de erros e integração da componente vertical”. Ele se desenvolve entre o Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, Brasil, e o Instituto de Geodésia de Karlsruhe (UK), Alemanha. A cooperação se dá em nível de pós-graduação e é financiado pelo convênio CAPES/DAAD.

**ABSTRACT** – This article presents the main results obtained in two years the project of international cooperation PROBRAL, called *Precise positioning and height determination by means of GPS: Modeling of errors and transformation into physical heights*. It developed between the Department of Geomatics (DGEOM), Federal University of Paraná (UFPR), Curitiba (Brazil) and the Geodetic Institute (GIK), University Karlsruhe (TH), Karlsruhe (Germany). The aim of this research project, which started in 2006 and is founded by the Brazilian academic exchange service CAPES and the German academic exchange service DAAD.

### 1 INTRODUÇÃO

O Programa PROBRAL promove a formação de recursos humanos de alto nível no Brasil e na Alemanha, nas diversas áreas do conhecimento. Ele é financiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e pelo DAAD (Serviço de Intercâmbio Alemão). Segundo as suas diretrizes ele tem por objetivo estimular, por meio de projetos conjuntos de pesquisa, o intercâmbio de docentes e pesquisadores brasileiros e alemães, vinculados a Programas de Pós-Graduação de Instituições de Ensino Superior (IES).

Neste artigo apresentam-se os resultados alcançados nos dois primeiros anos com o PROBRAL firmado entre o Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (CPGCG), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Brasil, e o Instituto de Geodésia de Karlsruhe (GIK), Universidade de Karlsruhe (UK), Alemanha.

### 2 OBJETIVOS

O objetivo superior deste programa é desenvolver um projeto conjunto de pesquisa intitulado “Densificação do SIRGAS no Brasil com o posicionamento GPS de alta precisão: modelagem de erros e integração da componente vertical” e a cooperação científica entre a UFPR (SCT/DGEOM/CPGCG) e a UK (GIK). Este

projeto de pesquisa é desmembrado em três subprojetos, os quais serão indicados posteriormente.

Dentre os objetivos específicos cita-se:

- Elevar a formação de recursos humanos em nível de pós-graduação nas Ciências Geodésicas, na área de Geodésia;
- Possibilitar o aperfeiçoamento de docentes na área das Ciências Geodésicas;
- Intensificar a troca de informações científicas;
- Contribuir para a Definição do Datum Vertical SIRGAS e sua materialização no Brasil;
- Investigar erros que atuam no posicionamento de alta precisão;
- Modelar erros que atuam no posicionamento de alta precisão através da inteligência artificial;
- Gerar produção conjunta de publicações científicas e/ou técnico-científicas;
- Aumentar substantivamente a produtividade científica do programa de pós-graduação;
- Desenvolver pesquisas conjuntas em áreas prioritárias nas Ciências Geodésicas.

Os objetivos indicados visam:

- Contribuir na solução de problemas quanto aos posicionamentos GPS precisos;
- Contribuir com soluções para o monitoramento ambiental em nosso país;
- Realizar estudos iniciais para estabelecer um serviço GPS de correções diferenciais em tempo real no estado do Paraná;
- Disponibilizar a 1ª. Base de Calibração de Antenas GNSS para o Brasil;
- Contemplar a formação de doutorandos-sanduiche e pós-doutorandos com experiências em centros de excelência internacionais;
- Aprimorar e elevar internacionalmente as áreas de pesquisa institucional;
- Fortalecer o intercâmbio com as instituições alemãs.

O projeto foi desmembrado nos seguintes subprojetos:

- I. Investigação de fontes de erro no posicionamento GPS preciso e a modelagem dos erros;
- II. Integração da rede vertical brasileira ao SIRGAS;
- III. Aplicação no monitoramento tridimensional da superfície da Terra.

### 3 MISSÕES BRASILEIRAS REALIZADAS

Os participantes brasileiros que realizaram missões de estudo ou de trabalho nestes dois anos encontram-se listados na figura 1. Nesta tabela apresenta-se o participante da equipe, o seu título e cargo junto às instituições, as missões desenvolvidas e as áreas em que atuam dentro do projeto original elaborado e encaminhado a CAPES.

Equipe Brasileira			
Em 2006			
Nome	Título/ Cargo	Missões	Áreas de atuação
Cláudia Pereira Krueger	Doutora / Docente – UFPR	Trabalho, por 30 dias	Geodésia Celeste, Geodésia Marinha, Monitoramento Ambiental e Levantamentos
Sílvio Rogério Correia de Freitas	Doutor/ Docente – UFPR	Trabalho, por 21 dias	Geodésia e Geodinâmica
Eng. Roberto Teixeira Luz	Mestre e Doutorando/ Aluno do CPGCG	Estudo, doutorado sanduiche por 8 meses	Geodésia e Geodinâmica
Em 2007			
Nome	Título/ Cargo	Missões	Áreas de atuação
Eng. Maurício Ihlenfeldt Sejas	Mestre e Doutorando/ Aluno do CPGCG	Estudo, doutorado sanduiche por 12 meses. Saída para Karlsruhe em julho de 2007. Encontra-se ainda na Alemanha.	Geodésia Celeste
Eng. Juliana Moulin Fosse	Mestre e Doutoranda/ Aluna do CPGCG	Estudo, doutorado sanduiche por 5 meses. Período de outubro de 2007 a fevereiro de 2008.	Sensoriamento Remoto

Figura 1 – Missões Brasileiras Realizadas em 2006/2007.

O doutorando Eng. Roberto Teixeira Luz teve apoio tutorial no Instituto de Geodésia (GIK/UK), pelo C. P. Krueger

Prof. Dr. Bernhard Heck e no Brasil ele foi orientado pelo Prof. Dr. Sílvio Rogério C. de Freitas. O aluno desenvolveu o seu doutorado sanduiche dentro do subprojeto II (seção 2) “Integração da rede vertical brasileira ao SIRGAS”. As atividades desenvolvidas por este aluno, em linhas gerais, focaram as análises de dados provenientes de levantamentos gravimétricos e sua integração com linhas de nivelamento da Rede Vertical Brasileira Fundamental (BFVN). Verifica-se ainda que o desenvolvimento desta missão possibilitou importantes discussões, intercâmbio de idéias e desenvolvimento de atividades junto a outras instituições alemãs como: o Instituto de Pesquisas Geodésicas Alemã em Munique (Prof. Dr. Ing. Wolfgang Bosch) e o Instituto de Levantamentos em Hannover (Prof. Dr. Ing. Jürgen Muller).

O doutorando Mauricio I. Sejas esta concluindo a sua de estudo junto ao GIK. Ele esta sendo orientado no Instituto de Geodésia (GIK/UK) pelo Prof. Dr. Ing. Bernhard Heck e no Brasil pela Profª Dra. Cláudia Pereira Krueger, coordenadora deste projeto. O seu tema de pesquisa esta ligado ao subprojeto I “Investigação de fontes de erro no posicionamento GPS preciso e a modelagem dos erros”. Seu plano de tese tem como objetivo buscar a modelagem de alguns erros atuantes no posicionamento geodésico através de observações em redes ativas GNSS com diferentes configurações e localizadas em diferentes regiões. Ele está tendo condições de modelar estes erros e implementar os modelos em dois países com características distintas. Busca modelar o efeito da ionosfera de forma precisa para uma determinada região e avaliar a qualidade do posicionamento por ponto preciso (PPP), o qual utiliza resultados desta modelagem. Testes em duas áreas que compreende basicamente a Europa Central e a Região Sul do Brasil e partes do estado de São Paulo e Mato Grosso do Sul estão sendo desenvolvidos.

A terceira missão de estudo realizada nestes dois anos foi desenvolvida pela doutoranda Juliana Moulin Fosse (Figura 1), sendo orientada pelo Prof. Dr. Hans-Peter Bähr, da Universidade de Karlsruhe e pelo Prof. Dr. Ing. Bernhard Heck. Pelo lado brasileiro é orientada pelo Prof. Dr. Jorge Silva Centeno. O doutorado desta aluna esta incluído no subprojeto III “Aplicação no monitoramento tridimensional da superfície da Terra”. A doutoranda estuda a elaboração de representações tridimensionais interativos, que tem como ferramenta de modelagem e de visualização técnicas de Realidade Virtual (VRML), de forma que tais mapas sejam avaliados quanto aos elementos da linguagem cartográfica, através de um teste de percepção usuária. Dentre os diversos tipos de Realidade Virtual, tem-se a Realidade Aumentada, que é uma ferramenta de visualização de modelos virtuais, substituindo o monitor e o mouse por um sistema de câmera e óculos especiais. Durante o estágio de doutorado no exterior foi feita a realização da etapa final de implementação do Mapa 3D, fazendo uso dos laboratórios e demais dependências do

Instituto de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto do IPF. Também foi aproveitado o material bibliográfico, relevante para esta área de estudo, e que é escasso no Brasil.

Na Figura 1 constata-se que foram realizadas apenas duas missões de trabalho, ambas em 2006. Nelas diversas atividades foram desenvolvidas podendo-se destacar: reuniões com o Prof. Dr. Ing.-Bernhard Heck e os membros do grupo de Geodésia de Karlsruhe; discussões sobre os temas de pesquisa que estão em desenvolvimento pelos doutorandos brasileiros; discussões sobre o desenvolvimento de artigos científicos; apoio tutorial dos alunos brasileiros em estada na Alemanha durante o período destas missões. Ainda os pesquisadores participaram de alguns eventos ocorridos no período destas missões, dentre eles cita-se: Simpósio *Geodetic Reference Frames* (GRF2006) promovido pela *International Association of Geodesy* (IAG), em Munique; no INTERGEO 2006 e na Semana de Geodésia (*Geodätische Woche*) em Munique.

#### 4 MISSÕES ALEMÃS REALIZADAS

Na Figura 2 listam-se os participantes alemães que realizaram missões de estudo ou de trabalho neste período. Contêm ainda o seu título e cargo junto às instituições, as missões desenvolvidas e as áreas em que atuam dentro do projeto original elaborado e encaminhado a CAPES.

Equipe Alemã			
Em 2006			
Nome	Título/Cargo	Missão	Áreas de atuação
Dr. Ing. Michael Mayer	Doutor/ Mitarbeiter- GIK und Wissenschaftlicher Assistent	Realizada em setembro por um período de 15 dias	Geodésia Celeste
Dipl. Ing. Franziska Wild-Pfeiffer	Doutorando/ Mitarbeiter- GIK und Wissenschaftlicher Assistent	Realizada em setembro por um período de 15 dias	Geodinâmica
Dipl. Ing. Andreas Knöpfler	Doutorando/ Mitarbeiter- GIK und Wissenschaftlicher Assistent	Realizada em setembro por um período de 30 dias	Geodésia Celeste
Em 2007			
Nome	Título/Cargo	Missão	Áreas de atuação
Bernhard Heck	Doutor/ Studiendekan, Diretor do GIK	Realizada em Fevereiro de 2007	Geodésia Celeste, Geodinâmica
Norbert Rösch	Doutor/ Wissenschaftliche Mitarbeiter	Realizada em Março de 2007 por um período de 15 dias	Geodésia, Sistemas de Referência, e SIG
Xiaoguang Luo	Doutorando/ Mitarbeiter- GIK und Wissenschaftlicher Assistent	Realizada em Março de 2007 por um período de 30 dias	Geodésia Celeste

Figura 2 – Missões Alemãs Realizadas em 2006/2007.

O Dr. Ing. Michael Mayer desenvolveu diversas atividades, dentre elas cita-se: participação das discussões sobre a implantação da 1ª Base de Calibração de Antenas GNSS (1ª BCALBR); discussões sobre os trabalhos a serem desenvolvidos no âmbito da Geodésia Espacial com ênfase ao efeito de multicaminho e da calibração de antenas GPS; discussões sobre o desenvolvimento conjunto da modelagem da troposfera no estado do Paraná. Também o pesquisador ministrou a palestra *Using GNSS observations in order to detect highly precise*

*deformation rates* e *Experiment: Using GPS as soil/moisture senso* junto ao CPGCG.

A doutoranda Dipl.-Ing. Franziska Wild-Pfeiffer ministrou uma palestra no âmbito da Geodésia Física junto ao curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas; e participou de discussões sobre o andamento deste projeto PROBRAL.

O doutorando Dipl. Ing. Andreas Knöpfler participou das mesmas atividades indicadas para o Dr. Mayer e ministrou a palestra *Collaborative Research Center 461 Strong Earthquakes: A Challenge for Geosciences and Civil Engineering*.

O Prof. Dr. Ing. Bernhard Heck, quando de sua estada no Brasil em 2007, desenvolveu diversas atividades, dentre elas destaca-se: as reuniões com os pesquisadores participantes do programa PROBRAL; a participação na banca de defesa de Tese do doutorando Jaime Freiberger Junior; ministrou o evento de extensão intitulado *Geodetic Reference Frames and Systems* e realizou reuniões e discussões sobre o trabalho de pesquisa do doutorando Roberto Teixeira Luz.

Ainda em 2007 (Figura 2) houve a missão de trabalho do Dr. Ing. Norbert Rösch. Ele apresentou as palestras intituladas: *About the transformation of coordinates* e *Implementation aspects concerning the computer-aided transformation of coordinates*. Participou ainda de reunião com grupo de pesquisadores do CPGCG interessados em uma futura cooperação.

O doutorando Xiaoguang Luo também participou das reuniões com pesquisadores do Laboratório de Geodésia Espacial – LAGE; apresentou as palestras intituladas *Determination of High Resoluted Water Vapor Fields from GNSS Double Difference Residuals* e *Effect of SNR-based weighting on the Results of GNSS Phase Observations*.

#### 5 ANÁLISE DA FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS NESTES DOIS ANOS PELO LADO BRASILEIRO

O Brasil já teve a formação de dois doutores nesta área, o Dr. Jaime Freiberger Junior e o Dr. Roberto Teixeira Luz. A doutoranda Juliana Moulin Fosse irá se titular em junho de 2008 e no próximo ano (fevereiro de 2009) deve-se ter o exame do doutorando Maurício I. Sejas. Espera-se ainda que haja no mínimo a formação de mais dois doutores, uma pós-doutoranda e uma mestranda com o fechamento deste projeto contabilizando-se o prazo de prorrogação.

Destaca-se que ainda houve três participantes neste projeto, cujas missões não foram custeadas por ele. Contudo eles desenvolveram trabalhos ligados diretamente a este projeto. Cita-se: o doutorando Jaime Freiberger Junior, que desenvolveu um doutorado sanduíche junto ao Instituto de Karlsruhe, defendeu em fevereiro de 2007 a sua tese de doutorado intitulada: "Investigações para a Calibração Relativa de Antenas de Receptores GNSS" junto ao CPGCG; o graduando em geodésia Bernhardt Schäfer que desenvolveu um trabalho

de pesquisa junto ao Laboratório de Geodésia Espacial intitulado *Investigations on multipath effects of GPS reference stations in Paraná and the First Baseline Calibration Station of Brazil (1ª BCALBR) in Curitiba, PR* e o graduando em geodésia Pascal Knoch que também desenvolveu um trabalho de pesquisa junto ao Laboratório de Geodésia Espacial intitulado *Influence of different sets of antenna calibration values on point positioning*.

## 6 PRODUÇÃO TÉCNICA GERADA NESTE PERÍODO.

Nestes dois anos deste projeto foram geradas diversas publicações em conjunto. Na Tabela 1 indica-se o montante das publicações geradas conforme o tipo.

Tabela 1- Publicações geradas com este PROBRAL

Tipo	Quantidade
Artigos completos publicados em periódicos	02
Capítulos de livros publicados e aceitos para publicação	06
Trabalhos completos publicados em anais de congressos	16
Resumos publicados em anais de congressos	05
Trabalhos completos aceitos para apresentação em congressos	05
Trabalhos Finais de Conclusão	04

## 7 PRINCIPAIS RESULTADOS ALCANÇADOS COM OS SUB-PROJETOS NESTES DOIS ANOS

No subprojeto “Investigação de fontes de erro no posicionamento GPS preciso e a modelagem dos erros”, foram iniciadas as pesquisas em calibração relativa de antenas GPS conjuntamente com análise do efeito do multicaminho do entorno das estações. Verifica-se também que com as discussões entre os pesquisadores e estudos desenvolvidos na Alemanha pelo doutorando Jaime Freibergger Junior, foi possível a implantação da 1ª Base Brasileira de Calibração de Antenas GNSS, no Campus do Centro Politécnico, da UFPR. Esta base foi construída aplicando-se os conhecimentos adquiridos na Alemanha e atendendo as especificações do IBGE. Esta base e os estudos desenvolvidos até o presente momento estão e irão contribuir na solução de problemas quanto aos posicionamentos GNSS precisos em nosso país.

A 1ª. BCALBR (Primeira Base de Calibração de Antenas GNSS do Brasil) é composta de três pilares,

sendo designados de 1000, 2000 e 3000, os quais seguem exigências internacionais.

A calibração de antenas GPS pelo método proposto torna-se interessante em termos de rendimento e precisão considerando os investimentos básicos para a instalação dos equipamentos, a condução das medições e a manutenção do sistema. Os esforços operacionais são reduzidos uma vez que as medições são realizadas automaticamente, podendo também ser realizadas manualmente, porém exigindo maior tempo de rastreamento. Trata-se de um método eficiente, por meio do qual podem ser determinadas as PCV dependentes de azimute e elevação com alta resolução e considerável redução do efeito de multicaminho. Com os primeiros experimentos realizados constatam-se a possibilidade de se obter soluções de calibração de antenas GPS no nível absoluto a partir do método relativo de calibração.

As experiências realizadas no Brasil mostraram que as influências do multicaminho agiram com intensidade similar nos pilares de calibração 1000 (Oeste) e 2000 (Norte), sendo o pilar 1000 (Oeste) sensivelmente mais afetado. Em vista dos resultados obtidos na Alemanha, conclui-se que a influência do efeito de multicaminho é um aspecto extremamente importante e deve ser considerado nas medições GNSS de alta precisão, em especial na calibração de antenas de receptores GNSS.

Estudos terão continuidade e serão intensificados neste ano de 2008 e em 2009, principalmente, pelo fato de que o material importado necessário à pesquisa chegou em junho de 2008. Este material foi adquirido com projeto de pesquisa aprovado pelo Edital MCT/CNPq 02/2006, intitulado “Posicionamentos GPS de Alta Precisão: Investigação de Algumas Fontes de Erros e Suas Modelagens e Implantação da 1ª Base de Calibração de Antenas GPS no Brasil”

No subprojeto “Integração da rede vertical brasileira ao SIRGAS” os estudos desenvolvidos pelo grupo do Laboratório de Referenciais Geodésicos e Altimetria por Satélites (LARAS), associados à tese de doutorado do Dr. Roberto Teixeira Luz permitiram definir procedimentos de integração de dados de nivelamento geométrico, gravimetria, estações maregráficas e altimetria por satélites. Esses procedimentos foram materializados sob a forma de programas computacionais, desenvolvidos em Fortran e Octave, levando em consideração as especificidades do contexto brasileiro, enfatizando-se a importância da montagem semi-automática da rede de diferenças de geopotencial internodais, implementada via programa IDNOS, em vista do grande volume de dados de nivelamento e gravimetria associados à Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP).

No subprojeto “Aplicação no monitoramento tridimensional da superfície da Terra” teve início a organização dos dados espaço-temporais e a construção um CGIS (*Coastal GIS*) contendo dados de extração da linha de costa, conforme as técnicas de mapeamentos históricas realizadas, quais sejam: sensoriamento remoto, geodésia espacial e técnicas fotogramétricas; a simulação

da movimentação da linha de costa e o desenvolvimento de modelos capazes de efetuar a predição.

#### **AGRADECIMENTOS**

A autora agradece a CAPES e ao DAAD pelo financiamento deste projeto PROBRAL.

#### **REFERÊNCIAS**

DE FREITAS, S. R. C. ; FERREIRA, V.G. ; PALMEIRO, A. S. ; DALAZONA, R. ; LUZ, R. T. ; FAGGION, P. L. . **Modelagem do potencial anômalo no Datum vertical brasileiro visando sua nova definição.** Boletim de Ciências Geodésicas, 2007, v. 13, p. 395-419.

FREIBERGER JUNIOR, J.; MAYER, M.; SEITZ, K.; HECK, B.; KRUEGER, C. P. **Calibração de antenas GPS em Diferentes Estações GPS.** Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, 2005, v. 11, n. 2, p. 157-178.

FREIBERGER JR.,J. **Investigações sobre a calibração de antenas GPS.** Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas), 203 p., CPGCG, Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2007.

KNOCH, P. **Influence of different sets of antenna calibration values on point positioning.** 2006, 29p., Universidade Federal do Paraná (UFPR).

LUZ, R. T. **Estratégias para Modernização da Componente Vertical do Sistema Geodésico Brasileiro e sua Integração ao SIRGAS.** CPGCG, Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2008.

SCHÄFER, B. **Investigations on multipath effects of GPS reference stations in Paraná and the First Baseline Calibration Station of Brazil (1aBCALBR) in Curitiba, PR**, 2006, p.47, Universidade Federal do Paraná (UFPR).