

**AVALIAÇÃO DO PROCESSAMENTO DA REDE SIRGAS-CON
PELO CENTRO DE ANÁLISES IBGE**

Sônia Maria Alves Costa, Alberto Luis da Silva, Jhannes Alberto Vaz

**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociências - DGC
Coordenação de Geodésia - CGED
{sonia.alves, alberto.luis, jhannes.vaz}@ibge.gov.br**

RESUMEN - Después de la experiencia de dos años como centro de procesamiento piloto, el IBGE - Instituto Brasileño de Geografía y Estadística, se convirtió oficialmente en centro de análisis para la red permanente GNSS SIRGAS-CON (la red SIRGAS de funcionamiento continuo). Al principio de las actividades, aproximadamente 30 estaciones fueron procesadas, pero con el aumento del número de las estaciones GNSS en el continente americano, el número es actualmente alrededor de 100, que son procesadas todas las semanas. Desde la semana GPS 1495 (agosto de 2008), el IBGE comparte la tarea de procesar oficialmente la red SIRGAS-CON con tres centros de análisis: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC (Colômbia), Instituto de Geodesia y Geodinámica de la Universidad Nacional del Cuyo, IGG-CIMA (Argentina) e Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut-DGFI (Alemania). Cada centro es responsable del procesamiento de un grupo de estaciones y el objetivo final de este esfuerzo es contribuir con la solución regional de la red de IGS a cargo del centro de análisis SIRGAS (SIR de IGS RNAAC) para la densificación de la red. En este artículo, presentamos la situación actual y el esfuerzo del IBGE como centro de procesamiento SIRGAS. La perspectiva es que en 2009 el número de estaciones procesadas aumente mucho más, con la inclusión de nuevas estaciones de la red permanente brasileña GNSS RBMC - Red Brasileña de Monitoreo Continuo del Sistema GNSS. Se presenta la estrategia aplicada de procesamiento con el software Bernese, así como información importante para el desarrollo de las actividades. Los resultados se evalúan y se comparan con las soluciones proveídas por otras instituciones y se analizan las posibles discrepancias. Las series de tiempo de las coordenadas semanales de cada estación se determinan, y algunas informaciones importantes en cuanto al mantenimiento de la red permanente nacional GPS se detallan.

ABSTRACT - IBGE– the Brazilian Institute of Geography and Statistics became an Analysis Center for the SIRGAS-CON (SIRGAS Continuous Operating Network) permanent GNSS network after getting experience as a Pilot Processing Center for two years. In the beginning about 30 stations were processed and with the growing number of GNSS stations on the American continent, there are now about 100 stations being processed every week. Since week 1495, IBGE officially shares the processing task of SIRGAS-CON network with three more Analysis Centers: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC (Colômbia), e Instituto de Geodésia y Geodinâmica de la Universidad Nacional del Cuyo, IGG-CIMA (Argentina) and Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut-DGFI (Germany). Each center is responsible for the processing of a group of stations and the final goal of this effort is to contribute to the IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIR) solution, with a densified network. We present the current status and efforts of IBGE as an official Processing Center for SIRGAS. The perspective is to increase the number of stations in 2009, with the inclusion of new stations from the Brazilian GNSS permanent Network, RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GNSS. The processing strategy applied using the Bernese GPS Software is presented, as well as relevant information for the

development of activities. Results are evaluated and compared to solutions provided by other institutions and possible discrepancies are analyzed. Some important issues related to the maintenance of the national permanent GPS networks are shown in the coordinate time series.

1 INTRODUÇÃO

Desde 2005, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS tornou-se oficialmente o novo sistema de referência geodésico para o Brasil (R.PR-1/2005), na sua realização 2000. Por se tratar de um sistema de referência preciso e com origem no centro de massa da Terra, a componente temporal passou a ser um fator importante na manutenção desse sistema, expressando a variação das coordenadas de cada uma das estações que compõem a sua materialização.

Define-se por redes ativas GNSS, o conjunto de estações geodésicas estabelecidas em locais estáveis da superfície terrestre ou litosfera, materializadas por uma estrutura rígida, nas quais são instalados receptores GNSS de dupla-frequência, os quais coletam dados continuamente. Com a implantação deste novo conceito de estações geodésicas, torna-se possível avaliar sistematicamente as variações ocorridas na realização de um sistema de referência geodésico ao longo do tempo, possibilitando assim, a determinação de novos parâmetros para esse sistema, assim como o aprimoramento dos modelos de velocidades.

Atualmente o SIRGAS é materializado por uma rede denominada SIRGAS-CON, rede de estações GNSS de operação contínua (www.sirgas.org), distribuídas na América do Sul, Central e Caribe, conforme apresentada na Figura 1.

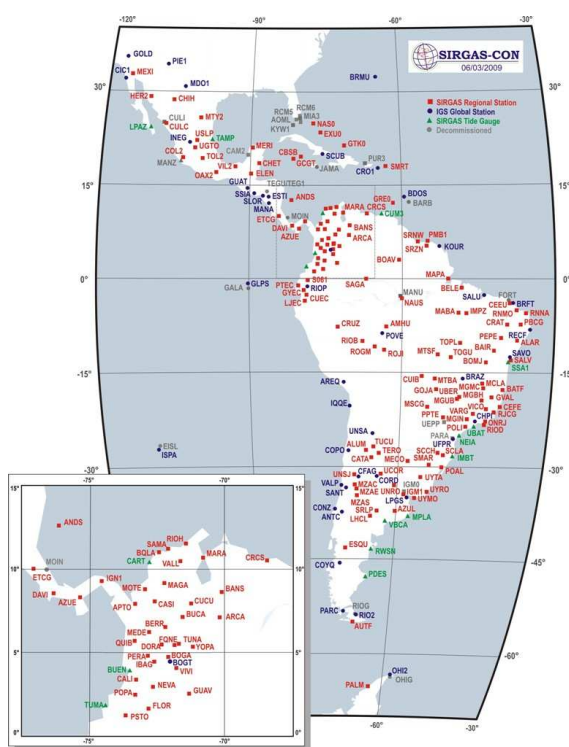


Figura 1 – Rede SIRGAS-CON (07/04/2009)
– www.sirgas.org.

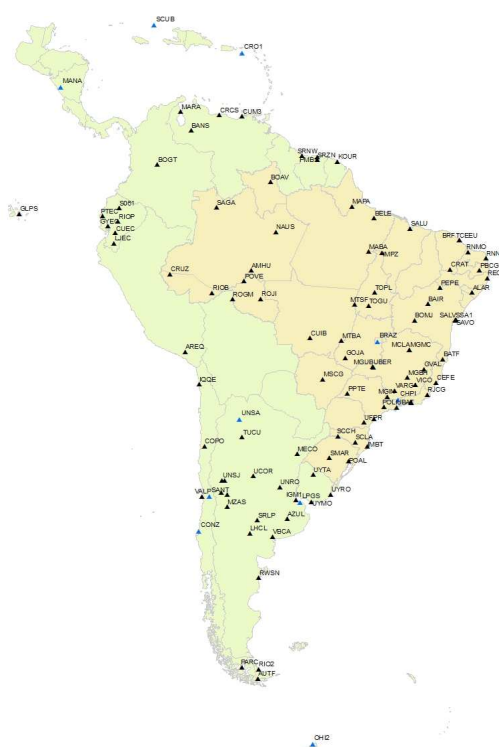


Figura 2 – Rede SIRGAS-CON processada pelo IBGE.

Em dezembro de 2004 na cidade de Aguas Calientes no México, durante a reunião do Projeto SIRGAS foi proposto o estabelecimento de centros de processamento das estações de operação contínua GNSS localizadas nas Américas do Sul e Central. Estes teriam como objetivo realizar a mesma tarefa que era realizada desde 1996 pelo Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut

(DGFI), instituto alemão responsável pelo processamento da rede regional IGS (International GNSS Service) das Américas do Sul, Central e Caribe. Neste encontro três centros de processamentos foram identificados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE no Brasil, Universidade Nacional de La Plata - UNLP na Argentina e Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática – INEGI no México (SIRGAS, 2005). Na reunião do Grupo de Trabalho I - GT I (Sistema de Referência) ocorrida no Rio de Janeiro em agosto de 2006 foram identificados mais dois centros de processamento, sendo eles: o Instituto Geográfico Militar da Argentina – IGM e Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC na Colômbia (SIRGAS, 2006). Na segunda reunião do GT I, realizada em maio de 2008 em Montevideu, os resultados dos cinco centros de processamento experimental foram apresentados. Nesse encontro ficou estabelecido que o IBGE, IGAC e IGG-CIMA (Instituto de Geodesia y Geodinámica, Centro de Ingeniería Mendoza Argentina e que substituiu a UNLP), passariam a ser centros de processamento oficiais da rede SIRGAS-CON, devido ao cumprimento dos prazos estabelecidos e à qualidade dos resultados apresentados.

A finalidade de um centro de processamento é de prover a manutenção do SIRGAS, através do processamento contínuo das estações da Rede SIRGAS-CON, monitorando a variação temporal das coordenadas dessas estações, assim como, a qualidade dos dados disponibilizados para a densificação dessa rede. Além disso, outros produtos derivados do processamento dos dados GNSS podem ser gerados; tais como: arquivos de velocidade, ionosfera, troposfera, entre outros, os quais podem ser disponibilizados para que sejam utilizados por usuários GNSS nas Américas do Sul, Central e Caribe.

2 ESTAÇÕES DA REDE SIRGAS-CON PROCESSADAS PELO IBGE

O centro de processamento SIRGAS – IBGE apesar de ter iniciado suas atividades em 2005 (COSTA et al., 2007), tem resultados do processamento dos dados GNSS coletados desde janeiro de 2003 (semana GPS 1199). Desde esta data até os dias atuais, várias estações contínuas localizadas na América do Sul já foram desativadas, modificadas ou criadas. Alguns fenômenos naturais como terremotos, descargas elétricas, assim como problemas com o equipamento, contribuíram para que essas estações não permanecessem no processamento ao longo do tempo. Estações localizadas nas regiões andinas como Bogotá – BOGT, Arequipa – AREQ, são frequentemente afetadas por terremotos, ocasionando em muitos casos, a desativação da estação (Seemüller et al., 2008).

Cada centro de processamento ficou responsável pelo cálculo das estações localizadas em uma determinada região, havendo estações em que será processado por ambos, caso das estações IGS, algumas estações das redes ativas nacionais, entre outras. Atualmente o IBGE processa aproximadamente 105 estações, sendo a maioria localizada na América do Sul. Entretanto, há estações fora da região sul-americana como Antártica – OHI2, ilhas Galápagos – GLPS, conforme apresentada na Figura 2.

3 ESTRATÉGIA DE PROCESSAMENTO

O software utilizado pelo IBGE para processar os dados GNSS da rede SIRGAS-CON, é o Bernese, versão 5.0, desenvolvido pela Universidade de Berna na Suíça (Hugentobler et al., 2006). O processamento é realizado de forma automática através do módulo BPE (*Bernese Processing Engine*), onde um conjunto de programas e opções são pré-definidos e executados automaticamente. A Tabela 1 apresenta as principais características e opções do processamento.

Tabela 1 – Estratégia de processamento – IBGE.

Características do Processamento - IBGE	
Observações	Dupla Diferença
Software utilizado	Bernese 5.0 (BPE mode)
Taxa de coleta	30 sec
Ângulo de Elevação	03°
Estratégia de Linha de Base	SHORTEST
Órbita/EOP	IGS final - IGS05 EOP week
Modelo de Troposfera a priori	Niell dry component
Troposfera	Zenith delay estimated each 2 hours (12 daily corrections p/station) A priori sigmas applied with respect to prediction model Niell(wet component) -first parameter +/- 5 m absolute and +/- 5 cm relative
Ambiguidades	QIF strategy with GIM from CODE
Modelo de Carga Oceânica	FES2004
Variação de Centro de Fase	Absolute (IGS_05)
Coordenadas e Velocidades	IGS05_R
Soluções Diárias	All the constraint stations ($\sigma=\pm 1m$) OUTPUT FILES: SINEX Troposphere maps
Soluções Semanais	All the constraint stations ($\sigma=\pm 1m$) OUTPUT FILES: SINEX

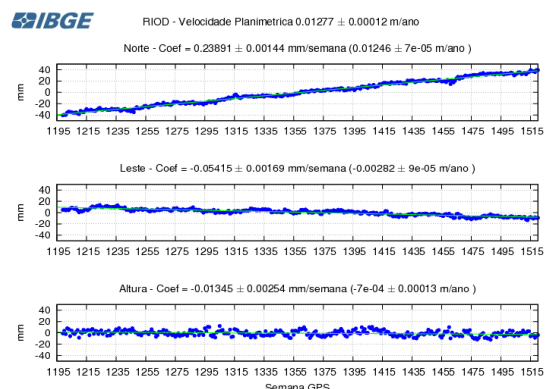


Figura 3 – Comportamento temporal da estação RIOD

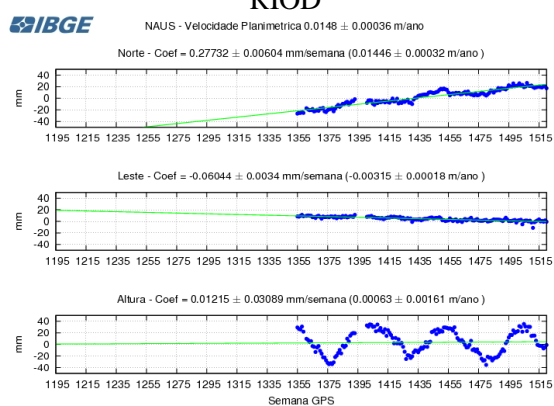


Figura 4 – Comportamento temporal da estação NAUS

O processamento semanal das observações é iniciado quando as órbitas finais IGS são disponibilizadas, ou seja, aproximadamente duas semanas após a data da observação. O resultado gerado por cada um dos centros de processamento é disponibilizado ao DGFI dentro de uma semana após a obtenção das órbitas finais IGS, completando um intervalo de três semanas após as observações terem sido realizadas.

As informações das estações utilizadas no processamento, tais como: o tipo de receptor e antena, *domes number* (identificador da estação controlado e fornecido pelo ITRF), altura da antena, entre outras, são obtidas através dos *logfile* disponíveis no site do DGFI e IGS: <ftp://ftp.dgfi.badw-muenchen.de/pub/gps/DGF/station/log/> e <ftp://igs.cb.jpl.nasa.gov/pub/station/log/>.

4 RESULTADOS

Realizado de forma sistemática, o processamento da rede SIRGAS-CON, além de permitir um controle da qualidade dos dados de cada uma das estações, permite também determinar as coordenadas dessas estações ao longo do tempo conforme apresentado nas figuras 3 e 4. Com a série temporal das coordenadas pode-se detectar se houve alterações na estrutura da estação, abalos gerados por terremotos, além do próprio comportamento devido ao movimento das placas litosféricas. Além disso, há comportamentos locais que também podem ser detectados, como a apresentada para a estação NAUS localizada na cidade de Manaus (figura 4). Ela apresenta um comportamento para a componente planimétrica semelhante às demais localizadas no Brasil, entretanto a sua componente altimétrica apresenta uma variação sazonal muito bem definida e amplitude muito maior quando comparada às demais. Essa sazonalidade bem definida pode estar

5 CONCLUSÃO

O processamento contínuo das estações pertencentes à rede SIRGAS-CON, é extremamente importante para a manutenção do SIRGAS. É através desse processamento que se realiza um controle de qualidade sobre cada uma das estações que materializam esse sistema. Desde 2005 o IBGE vem trabalhando, cumprindo todos os requisitos exigidos pelo SIRGAS, com qualidade e compromisso nos resultados apresentados. Os resultados determinados ainda é uma primeira amostra do que pode ser estimado em termos de comportamento temporal das estações e conseqüentemente da placa sul-americana. Vários outros estudos serão realizados com o objetivo de monitorar as estações permanentes SIRGAS, garantindo a manutenção desse sistema. Por hora, podemos afirmar que os resultados encontrados pelo IBGE são precisos e que estão compatíveis com os resultados determinados pelos outros centros de processamento.

Apesar dos resultados encontrados para as velocidades das estações estarem de acordo com os valores determinados por outros estudos (Perez, 2002; Costa, 2001) já realizados, torna-se necessário dispor de um período maior de observações GPS, ou seja, quanto mais longo for o período, mais confiáveis serão os resultados. Alguns pesquisadores consideram o período de 5 anos apropriado para iniciar estudos de Geodinâmica (Costa, 1999). Com este propósito, pretendem-se dar continuidade ao processamento das observações da rede permanente SIRGAS e a avaliação das velocidades.

REFERÊNCIAS

- COSTA, S.M.A.. **Estimativa do Campo de Velocidade a partir das Estações da RBMC**, Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, 2001.
- COSTA, S.M.A.. **Integração da Rede Geodésica Brasileira aos Sistemas de Referência Terrestres**, tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná – UFPR, 1999.
- COSTA, S.M.A. e FONSECA Júnior, E.S. **Results of SIRGAS 2000 GPS Network by IBGE Analysis Center**. *Scientific Assembly of the International Association of Geodesy (IAG)* - Budapeste, Hungria, 2001.
- COSTA, S.M.A.; SILVA, A.L.; LAGO, G.N.: **Primeiro Ano de Atividades do Centro de Processamento SIRGAS – IBGE**, XXIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, 2007.
- CPRM: Monitoramento Hidrológico, Boletim nº 1 – 06/02/2007, (Disponível em <http://www.cprm.gov.br/>).
- DEMELTS, C. et al.. **Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions**. *Geophysical Research Letters*, vol. 21, nº 20, pp. 2191-2194, 1994.
- DREWES, H.. **A Geodetic Approach for the Recovery of Global Kinematic Plate Parameters**, *Bulletin Geodesique*, nº56, pp. 70-79, 1982.
- HUGENTOBLE et al.; **Bernese GPS Software Version 5.0**. Astronomical Institute University of Berne, Berne, 2006.
- PEREZ, J.A.S.. **Campo de Velocidade para as Estações da RBMC e do IGS Localizadas na Placa Sul-Americana: Estimativa A partir do Processamento de Dados GPS**. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Presidente Prudente, SP, 2002.
- SEEMÜLLER, W.; MANUELA, K.; SÁNCHEZ, L.; DREWES, H.: **The Position and Velocity Solution DGF08P01 of IGS Regional Network Associate Analysis Centre SIRGAS (IGS RNAAC SIR)**, DGFI Report Nº 79, München, Germany, 2008 (Disponível em <ftp://dgfi.badw-muenchen.de/pub/gps/dgf>).
- SIRGAS, BOLETIM Nº 8, Fevereiro de 2005 – www.sirgas.org (acessado em 26/06/2008).
- SIRGAS, BOLETIM Nº 10, Outubro de 2006 – www.sirgas.org (acessado em 26/06/2008).
- SIRGAS, SIRGAS-CON, **A rede de estações contínuas do sistema SIRGAS** – www.sirgas.org (acessado em 26/06/2008).