



## GNSS APLICADO À GEODINÂMICA: ANÁLISE DO DESLOCAMENTO DAS PLACAS LITOSFÉRICAS DURANTE EVENTO SÍSMICO

Ana Flávia Padilha<sup>1</sup>, Débora Regiane Gobatto<sup>2</sup>, Claudinei Rodrigues de Aguiar<sup>3</sup>

**RESUMO:** Eventos sísmicos ou terremotos se manifestam por tremores e algumas vezes deslocamentos da crosta terrestre. A maioria dos terremotos ocorrem em regiões próximas as bordas das placas tectônicas. Placas distintas podem se mover em direções opostas, convergir ou mover-se em relação uns aos outros. A intensidade destes tremores varia de 0 a 10 na escala de Richter ou escala de magnitude local (ML). Um exemplo foi o terremoto na região do mar de Maule, Chile, 27 de fevereiro de 2010. Um dos maiores já registrados. Neste trabalho apresenta o uso do posicionamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*) no estudo deste terremoto como a sua localização, intensidade, e deslocamento que ocorreu nas proximidades. Para isso, uma estação SIRGAS-CON em Concepcion, Chile, é usada para realizar um estudo sobre o deslocamento causado pelo terremoto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Chile; GNSS; SIRGAS-CON; Terremoto.

### 1 INTRODUÇÃO

O SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) tem como principais objetivos definir um sistema de referência para a América do Sul, estabelecer e manter uma rede de referência e definir e estabelecer um datum geocêntrico (eixos coordenados baseados no sistema de referência SIRGAS e parâmetros do elipsoide GRS80) (FORTES, 2000).

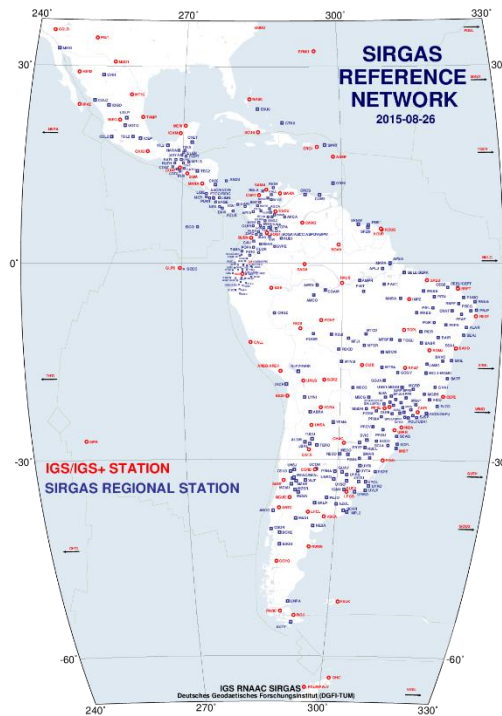
O SIRGAS é realizado por uma rede GNSS (*Global Navigation Satellite System*) ativa. Redes GNSS ativas, podem ser entendidas como o conjunto de estações geodésicas estabelecidas em locais estáveis da superfície terrestre, materializadas por uma estrutura rígida, nas quais são instalados receptores GNSS de dupla-frequência, coletando dados continuamente (MONICO, 2008; SILVA et al., 2010). Atualmente, o SIRGAS está materializado por uma rede de monitoramento contínuo (SIRGAS-CON) composta de aproximadamente 324 estações em operação, das quais 64 pertencem a rede global do IGS (*International GNSS Service*) (SIRGAS, 2015).

A Figura 1 apresenta a distribuição das estações que compõem a rede SIRGAS-CON.

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Pato Branco, Pato Branco/PR. anafaviap\_@hotmail.com.

<sup>2</sup> Docente do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Pato Branco, Pato Branco/PR. deboragobatto@hotmail.com.

<sup>3</sup> Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Apucarana, Coordenação de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil UTFPR – Câmpus Pato Branco, Apucarana/PR. Auxílio Financeiro CNPq (Processo: 446642/2014-2). rodrigues.aguiar@gmail.com.



**Figura 1 – Rede SIRGAS-CON.**  
**Fonte: SIRGAS (2015).**

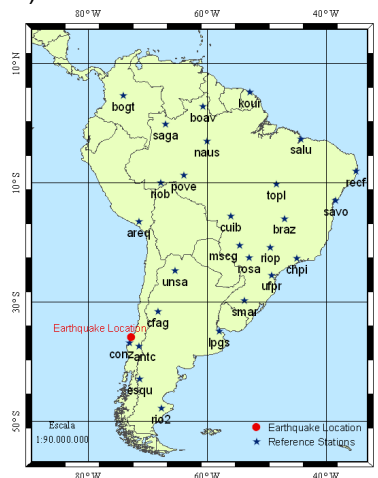
A rede SIRGAS-CON possui estações de referência materializadas nas placas litosféricas Sul Americana, do Caribe e Norte Americana. Algumas destas estações estão localizadas em região de bordas de placa, nas quais é comum a ocorrência de eventos sísmicos.

Assim, neste trabalho será utilizada uma estação SIRGAS-CON localizada na cidade de Concepción, no Chile, para realizar um estudo do deslocamento desta estação, provocado por um terremoto.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Com 8,8 graus de magnitude, o terremoto sucedido no Chile foi um acontecimento de grande relevância. Este evento sísmico ocorreu no dia 27 de fevereiro de 2010 às 06h34min14seg UTC, com duração aproximada de 3 minutos (CASTRO et al., 2012).

O epicentro ocorreu aproximadamente a 115 km de Concepción (39,5°S, 72,7°W) com uma profundidade de 35 km (Figura 2). Mais detalhes e estudos desse terremoto podem ser encontrados no relatório do *Mid-America Earthquake Center* (ELNASHAI et al., 2010).



**Figura 2 – Localização do epicentro.**



Neste trabalho foram processados os dados coletados pela estação CONZ, pertencente a rede SIRGAS-CON, localizada na cidade de Concepción, Chile. A estação CONZ está a aproximadamente 110 km do epicentro do evento sísmico.

Para análise do deslocamento da referida estação foi utilizado o método de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), utilizando o serviço online GAPS (*GPS Analysis and Positioning Software*) disponibilizado pela *University of New Brunswick* (LEANDRO et al., 2007). O método de posicionamento PPP proporciona alta precisão na determinação das coordenadas, sendo possível a sua aplicação em diversas áreas, tal como a geodinâmica (MONICO, 2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 apresenta o deslocamento nas componentes cartesianas para um período de 24 horas de processamento.

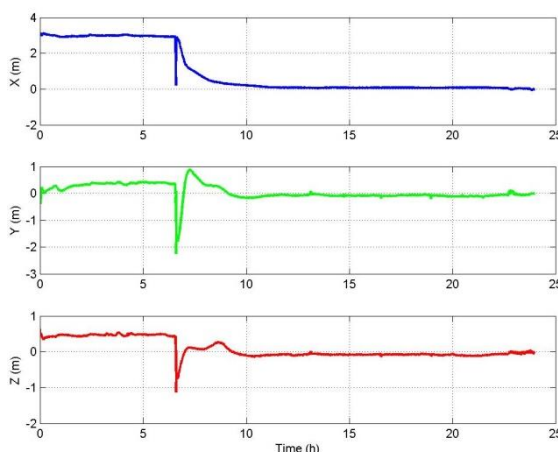


Figura 3 – Deslocamento da estação CONZ decorrente do terremoto.

Na Figura 3, observa-se os gráficos do comportamento temporal das coordenadas cartesianas X, Y e Z da estação CONZ. Na figura pode-se verificar o momento em que ocorre o terremoto, caracterizado pelo salto no gráfico. Nota-se ainda que a componente mais afetada pelo evento foi a coordenada X, apresentando o maior deslocamento observado nesta direção.

Para melhor analisar os deslocamentos da estação de CONZ em termos de valores, a Tabela 1 apresenta a magnitude do movimento observado em termos de coordenadas cartesianas e geodésicas.

Tabela 1 – Valores dos deslocamentos da estação CONZ.

	Deslocamento		
	X	Y	Z
<b>Cartesianas</b>	-3,017 m	0,084 m	-0,173 m
<b>Geodésicas</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude</b>
	-0,487 m	1,888 m	-2,311 m
<b>Horizontal</b>	1,905 m		
<b>Tridimensional</b>	3,024 m		

Pela Tabela 1 confirma-se o maior deslocamento observado na coordenada X, conforme analisado na Figura 3. O deslocamento em X atingiu aproximadamente 3,017 metros, sendo o movimento na direção Y o de menor magnitude, aproximadamente 8,4 cm. Pelas coordenadas de latitude e longitude, pôde-se calcular o deslocamento resultante na planimétrica, sendo de aproximadamente 1,905 m, conseqüentemente, o terremoto moveu a estação principalmente na altitude, cujo deslocamento foi de aproximadamente 2,311 m.

### 4 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados mostram que na estação CONZ houve um deslocamento tridimensional de aproximadamente 3 metros.



Outro fato relevante é a aplicação do GNSS e do PPP na Geodinâmica. Atualmente, existem vários serviços gratuitos de PPP *online* o que facilita o processamento dos dados GNSS e análises dos deslocamentos das placas litosféricas durante um evento sísmico.

A rede SIRGAS-CON também disponibiliza os dados das estações GNSS proporcionando o fácil acesso as informações e, conseqüentemente, possibilita a disseminação do uso do GNSS para estudos de Geodinâmica. A partir disso pode-se concluir também que a SIRGAS-CON é extremamente importante na determinação de variações ocorridas após eventos sísmicos na América Central e do Sul.

## REFERÊNCIAS

- CASTRO, H. M.; FERREIRA, V. G.; FREITAS, S. R. C. Análise de deformação por variação do geopotencial: estudo de caso para o terremoto Maule (*M<sub>w</sub>* 8,8) com base em dados mensais da missão GRACE, **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 86-96, jan-mar, 2012.
- ELNASHAI, A.S.; GENCTURK, B.; KWON, O.; AL-QADI, I.L.; HASHASH, Y.; ROESLER, J.R.; KIM, S.; JEONG, S.; DUKES, J.; VALDIVIA, A. **The Maule (Chile) Earthquake of February 27, 2010: Consequence Assessment and Case Studies**. Mid-America Earthquake Center. Report n. 10-04. 2010. 190p.
- FORTES, L. P. S. SIRGAS: O Sistema de Referência Para o Novo Milênio. In: **Proceedings of the I Seminar on Geocentric Reference System in Brazil**, Rio de Janeiro. 2000.
- LEANDRO, R.F.; SANTOS, M.C.; LANGLEY, R.B. GAPS: The GPS Analysis and Positioning Software – A Brief Overview. In: **ION GNSS 2007 20th International Technical Meeting of the Satellite Division**, Fort Worth, Texas, Sep. 25-28, 2007, pp. 1807-1811.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Fundamentos, Definição e Aplicação**. 2 ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 476p.
- MONICO, J. F. G. Posicionamento por ponto de alta precisão utilizando o GPS: uma solução para a geodinâmica. **Rev. Bras. Geof.**, Mar 2000, vol.18, no.1, p.39-48.
- SILVA, A. L.; COSTA, S. M. A.; VAZ, J. A. – **Deslocamento das estações SIRGAS-COM em função do terremoto ocorrido no Chile – Uma abordagem do Centro de Processamento SIRGAS – IBGE**. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, p. 01-03, 2010.
- SIRGAS. Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas. Online, 2015. Disponível em: < <http://www.sirgas.org> >. Acesso em: 10 set. 2015.