

Análise de Estratégias de Processamento de Dados GPS

Gonçalo Prates ¹ e Virgílio Mendes ²

¹ Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Algarve

² LATTEX e Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

(gprates@ualg.pt ; vmendes@fc.ul.pt)

RESUMO

Nos últimos anos, a rede de estações GPS permanentes tem crescido de forma sustentada em todo o mundo. Também em Portugal existe um número cada vez maior de estações permanentes, a maior parte das quais ligadas a instituições públicas e universidades. O volume de dados produzido por estas redes implica a criação de procedimentos automáticos de processamento de observações com metodologias adequadas. Tendo como objectivo principal processar os dados GPS provenientes de uma rede de estações da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), foi elaborado um sistema de processamento automático de observações para um conjunto alargado de estações.

A rede é constituída por estações IGS (Madrid, Maspalomas, Ponta Delgada, San Fernando e Villa Franca del Campo), por estações EUREF (Cascais, Vila Nova de Gaia e Lagos) e estações da FCUL (Flores, Graciosa, Santa Maria, Instituto de Meteorologia da Madeira, Observatório Astronómico de Lisboa Norte, Observatório Astronómico de Lisboa Sul).

O processamento de observações GPS foi feito com recurso ao Bernese Processing Engine, uma componente do Bernese GPS Software 4.2, e foram utilizadas diferentes estratégias que incluem a modificação do ângulo de máscara, a determinação de gradientes troposféricos e a inclusão do efeito de carga oceânica. Neste trabalho são analisadas várias séries temporais e discutidas as vantagens e desvantagens de cada uma das estratégias utilizadas.

1. Introdução

Sentida a necessidade de processar um volume crescente de dados proveniente de estações pertencentes à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, foi considerado o uso da componente de processamento automático do *Bernese GPS Software 4.2*, denominada por *Bernese Processing Engine* (Hugentobler *et al* [2001]).

O completo aproveitamento das potencialidades do processo automático implica que seja identificada a estratégia mais adequada à rede em questão. Com este propósito, os dados da rede a estudar foram processados utilizando diferentes estratégias.

O conjunto de dados compreende três anos e meio de informação recolhida por 14 estações localizadas na Península Ibérica e nos arquipélagos dos Açores, da Madeira e das Canárias. No entanto, algumas destas estações não contêm informação contínua para todo o período referido, umas por terem sido instaladas recentemente, outras por terem existido problemas com o *hardware* das estações.

Os resultados das diferentes estratégias foram comparados, analisando a repetibilidade que cada estratégia proporciona, isto é, através da dispersão das soluções em torno da tendência obtida para a série temporal de cada base.

2. Rede de Estações

Os dados utilizados neste estudo incluem (1) estações IGS: Madrid (MADR), Maspalomas (MAS1), Ponta Delgada (PDEL), San Fernando (SFER) e Villa Franca del Campo (VILL); (2) estações EUREF: Cascais (CASC), Vila Nova de Gaia (GAIA) e Lagos (LAGO); (3) estações FCUL: Flores (FLOR), Graciosa (GRAC), Santa Maria (SMAR), Instituto de Meteorologia da Madeira (IMMA), Observatório Astronómico de Lisboa Norte (OALN) e Observatório Astronómico de Lisboa Sul (OALS).

Estas estações distribuem-se por três placas tectónicas, especificamente a Euro-Asiática, a Africana e a Norte-Americana, esperando-se que esta rede proporcione informação sobre a interacção entre estas placas tectónicas. A localização das estações é objecto da figura 1.

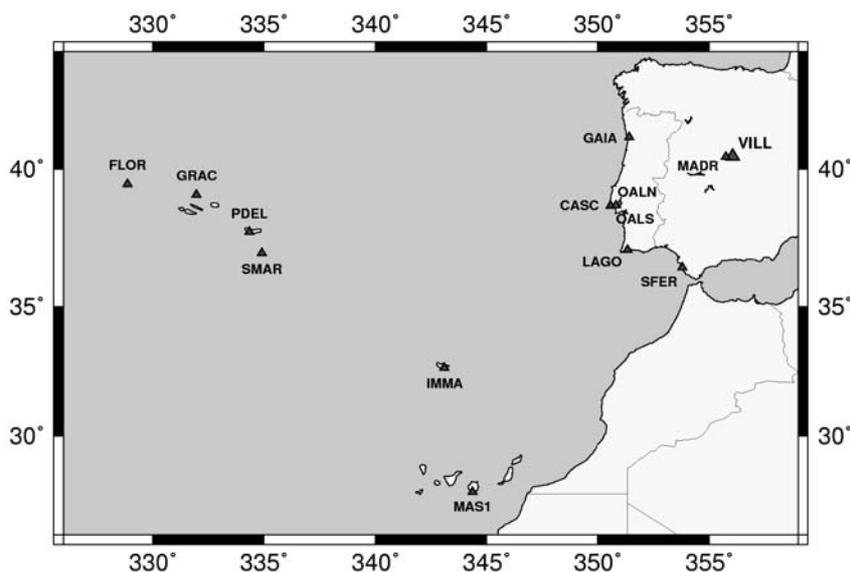


Figura 1 – Localização das estações da rede em estudo.

3. Estratégias de Processamento

Para tratar os dados recolhidos pelas estações da rede, foi usado o *Bernese GPS Software*, em particular a sua componente automática, o *Bernese Processing Engine*, utilizando cinco estratégias diferentes.

O sistema automático de processamento permitiu que 3.5 anos de dados, considerando as 5 estratégias, fossem processados em cerca de um mês.

A estratégia base segue o procedimento padrão do centro de cálculo do IGS, usando órbitas pós-processadas, com correcção do efeito das órbitas planetárias, e incluindo as correcções das variações dos centros de fase das antenas.

As medidas de fase que originam as soluções finais são pré-processadas para eliminação de saltos de ciclo e resolução das ambiguidades de ciclo em ambas as frequências. Este último procedimento recorre à estratégia *Quasi-Ionosphere Free*, responsável por cerca de 60% de ambiguidades resolvidas em média, para o período e estações observadas.

O processamento final recorre à combinação livre de ionosfera e à inclusão de parâmetros troposféricos, utilizando a função de mapeamento de Niell [Niell, 1996]. Por sessão foram usados 12 parâmetros troposféricos, relativos a períodos de 2 horas cada.

As diferenças relativamente à estratégia base (identificada por B) incluem a obtenção de gradientes troposféricos (estratégia C), a alteração do ângulo de máscara (estratégia D) e a inclusão do efeito de carga oceânica (estratégia E). Foram ainda consideradas as soluções obtidas sem fixar ambiguidades (estratégia A). O quadro 1 regista as referidas estratégias.

Quadro 1 – Diferenças das diversas estratégias.

Estratégias	Ambiguidades	Ângulo de Máscara	Gradientes Troposféricos	Carga Oceânica
A	Flutuantes	10°	Não	Não
B	Fixas	10°	Não	Não
C	Fixas	10°	Sim	Não
D	Fixas	15°	Não	Não
E	Fixas	10°	Não	Sim

4. Resultados e Análise

A repetibilidade das diversas estratégias foi avaliada pelo desvio padrão das diferenças dos comprimentos das bases relativas à tendência das respectivas séries temporais.

O desvio padrão foi determinado para a totalidade das soluções e, posteriormente, para as soluções não aberrantes, para um intervalo de confiança de 99%. A quantidade de soluções não aberrantes foi também tida em consideração na avaliação.

Da observação do quadro 2, verifica-se que as estratégias B e E minimizam a dispersão das soluções, registando-se um desvio padrão dos resíduos de cerca de 12.5 mm, considerando todas as soluções. Quanto ao aproveitamento, a estratégia E é sensivelmente melhor que a estratégia B, minimizando o número de soluções rejeitadas.

Verifica-se ainda que, após a remoção das soluções aberrantes, a totalidade das estratégias assumem desvios padrão dos resíduos de cerca de 5 mm.

Quadro 2 – Repetibilidade das diversas estratégias.

Estratégias	Soluções	Desvio Padrão Resíduos (m)	Soluções	Desvio Padrão Resíduos (m)
A	25339	0.0202	25051	0.0053
B	25339	0.0126	25045	0.0047
C	25339	0.0199	25001	0.0045
D	25339	0.0135	25056	0.0048
E	25339	0.0127	25057	0.0047

Das séries temporais obtidas a partir das soluções dia a dia para as várias bases, usando a estratégia E, foram escolhidas quatro de particular interesse para análise. Os gráficos das séries escolhidas têm por escala vertical 5 cm, permitindo comparar a repetibilidade entre bases, enquanto a escala horizontal compreende os 3.5 anos de dados usados. Apresenta-se ainda uma estimativa para a velocidade entre as estações da base e a sua precisão a 1σ .

A primeira base a analisar na figura 2, tendo como estações Cascais e Villa Franca, ambas situadas na Península Ibérica, estando a segunda estação na zona geologicamente estável da península situada na placa Euro-Asiática. Pode observar-se que a base é estável, isto é, não parece existir qualquer movimento entre as estações, segundo a direcção da base.

Observe-se, ainda, que se se considerar apenas as soluções do ano de 1999 isoladamente, ou as do ano 2000, registrar-se-iam valores para a velocidade relativa entre as estações que levariam a conclusões diferentes da que se apresentou.

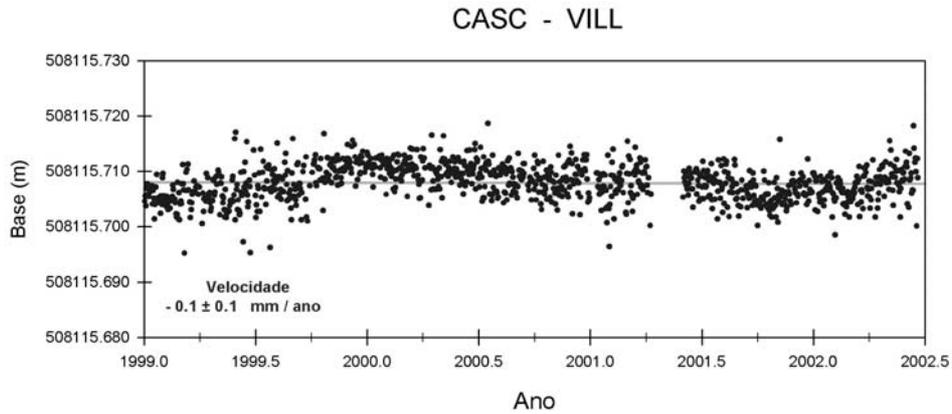


Figura 2 – Série temporal para o comprimento da base Cascais – Villa Franca.

Na figura 3, a base escolhida tem como extremos as estações de Cascais e do Instituto de Meteorologia da Madeira, sendo que Cascais se pode considerar geologicamente estável na placa Euro-Asiática enquanto a estação da Madeira está na placa Africana. Os resultados mostram que as estações se estão a aproximar a uma velocidade de cerca de 2 mm ao ano, segundo a direção da base.

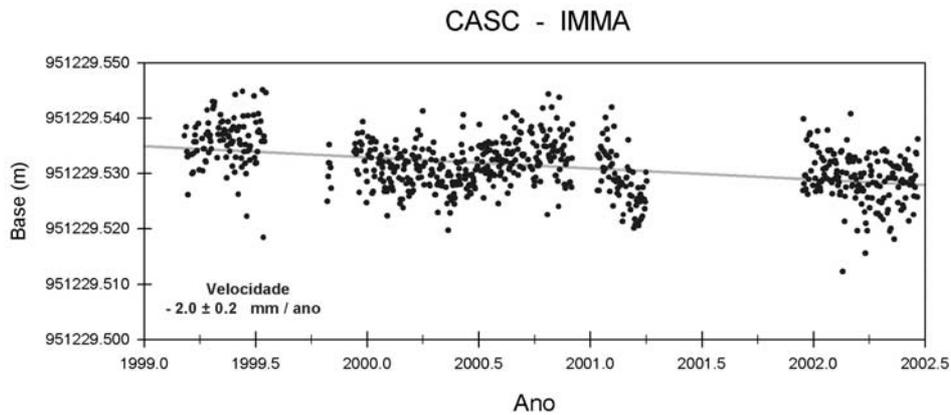


Figura 3 – Série temporal para o comprimento da base Cascais – Instituto de Meteorologia da Madeira.

A terceira base escolhida (figura 4), tem como estações Cascais e Santa Maria, estando a segunda estação situada numa zona, em geral, associada à placa Africana. Na direcção da base, a série temporal indica uma quase inexistência de movimento relativo, visto que o valor da velocidade estimada é idêntico ao da precisão associada.

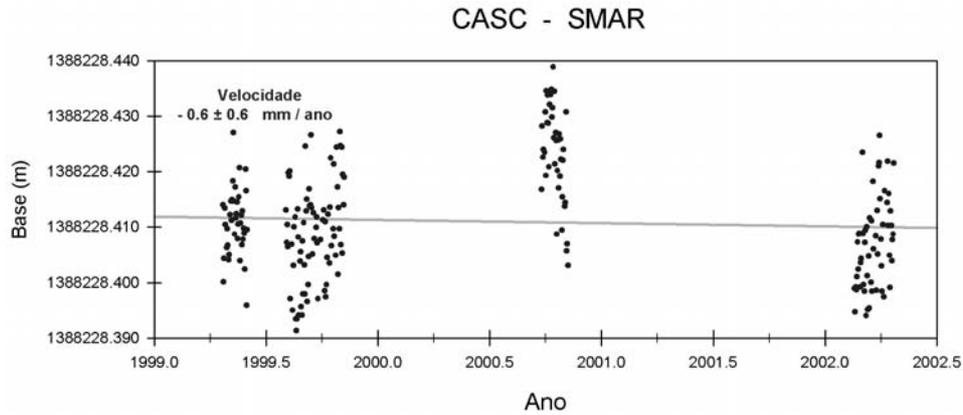


Figura 4 – Série temporal para o comprimento da base Cascais – Santa Maria.

No entanto, se se analisar a base de estações Instituto de Meteorologia da Madeira e Santa Maria, ambas situadas na placa Africana, verifica-se uma velocidade bem determinada, que indica existir uma aproximação entre estas estações à taxa de 4.5 mm ao ano. No entanto, face ao carácter esperso das soluções para esta base, considera-se necessária uma validação destes resultados com uma série temporal mais contínua.

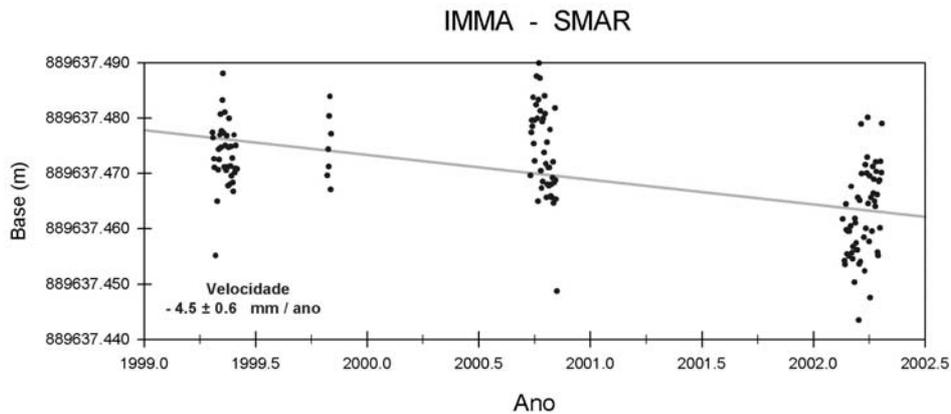


Figura 5 – Série temporal para o comprimento da base Instituto de Meteorologia da Madeira – Santa Maria.

5. Conclusões

O processamento de observações GPS foi feito com recurso ao Bernese Processing Engine, usando diferentes estratégias.

A estratégia com melhores resultados em termos da repetibilidade e aproveitamento, foi a que usa ambiguidades fixas, um ângulo de máscara de 10°, sem determinação de gradientes troposféricos e considera o efeito da carga oceânica.

A análise das séries temporais mostra que um conjunto de soluções com período inferior a um ano pode produzir conclusões não validadas por períodos mais longos.

Agradecimentos

Às instituições gestoras das várias estações, pela cedência dos dados GPS.

Ao Dr. Pierre Fridez, pela disponibilidade no esclarecimento de questões relacionadas com o *software*.

Referências Bibliográficas

Hugentobler, U., Schaer, S., Fridez, P., (Eds.) (2001): “Bernese GPS Software – Version 4.2”. Astronomical Institute, University of Berne.

Niell, A. (1996), Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths. *Journal of Geophysical Research*, 101, B2, 3227-3246.