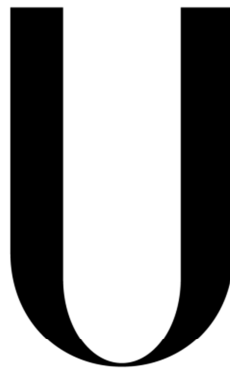


UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA
E ENERGIA



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

Análise das Características de Ruído em Séries Temporais GPS

RICARDO JOSÉ SANTOS MOREIRA

DISSERTAÇÃO

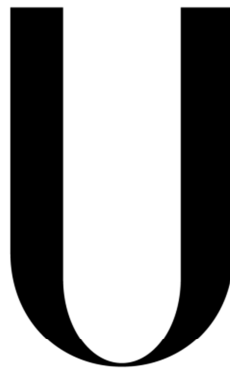
MESTRADO EM ENGENHARIA GEOGRÁFICA

2013

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA
E ENERGIA



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

Análise das Características de Ruído em Séries Temporais GPS

Ricardo José Santos Moreira

Dissertação orientada pelo Professor Doutor Virgílio de Brito
Mendes

MESTRADO EM ENGENHARIA GEOGRÁFICA

2013

Índice

Índice	i
Índice de Figuras	iii
Índice de Tabelas	viii
Resumo	xii
Abstract	xiii
Agradecimentos	xiv
1 Introdução.....	1
1.1 Objectivos.....	3
1.2 Estrutura da Dissertação	3
2 Conceitos e Fundamentos	5
2.1 Séries Temporais.....	5
2.2 Ruído.....	11
2.2.1 Ruído Branco.....	12
2.2.2 Ruído Rosa	13
2.2.3 Ruído Vermelho.....	14
3 Estudos Existentes	16
4 Processamento de Dados e Análise de Resultados.....	24
4.1 Caracterização dos Dados.....	24
4.2 Software	26
4.2.1 CATS – Create and Analyze Time Series	27
4.2.2 GGMatlab – GAMIT/GLOBK MATLAB.....	29
4.2.3 GMT – Generic Mapping Tools.....	31
4.3 Estratégia de Processamento e Análise de Resultados.....	31
4.3.1 Estimação dos Efeitos Sazonais.....	35
4.3.2 Caracterização e Análise dos Ruídos	41
4.3.3 Caracterização e Análise das Incertezas das Velocidades	80
5 Conclusões e Perspectivas Futuras.....	94
Referências	99

Anexo A – Caracterização das Estações GPS.....	101
Anexo B – Período de Registo e Número de Observações das Séries GPS.....	109
Anexo C – Caracterização das Séries de Posição GPS.....	110
Anexo D – Registo dos Dados Processados.....	129

Índice de Figuras

Figura 2-1 - Série temporal de variação de coordenadas GPS da estação de FARO. ..7	
Figura 2-2 - Análise individual das componentes de variação de uma série temporal para a componente de tendência, componente de sazonalidade e componente irregular [Barbosa,2012].	10
Figura 2-3 - Exemplos de modelação de uma série temporal. À direita uma modelação paramétrica utilizando uma regressão linear e à esquerda uma modelação não paramétrica [Barbosa, 2012]......	11
Figura 2-4 - Espectro de potência espectral de 71 estações GPS correspondente a 213 séries temporais com remoção da componente sazonal anual e semi-anual, considerando o modelo de ruído branco puro [Aimiri-Simkooei <i>et al.</i> , 2007]	13
Figura 2-5 - Séries temporais caracterizadas por ruído branco, ruído rosa e ruído vermelho (à esquerda) e respectivos espectros de potência (à direita) [Ward and Greenwood, 2007].	14
Figura 4-1 - Localização das 55 estações GPS consideradas no estudo.	25
Figura 4-2 - Pormenorização das estações GPS implantadas na Península Ibérica. ..	25
Figura 4-3 - Pormenorização das estações GPS instaladas em Portugal Continental. 26	
Figura 4-4 - Formato padrão de ficheiro de entrada para programa CATS [Williams, 2005].	32
Figura 4-5 - Primeiro bloco de informação, do ficheiro de saída do CATS, para série da estação ACOR.....	33
Figura 4-6 - Segundo bloco de informação, do ficheiro de saída do CATS, para série da estação ACOR.....	34
Figura 4-7 - Resultados reais, do ficheiro de saída do CATS, para série da estação ACOR.	34
Figura 4-8 – Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Península Ibérica Norte.	36
Figura 4-9 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Portugal Norte.....	37
Figura 4-10 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Portugal centro.	37
Figura 4-11 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Região Lisboa.....	37
Figura 4-12 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Alentejo.	38

Figura 4-13 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Algarve.	38
Figura 4-14 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Espanha centro.....	38
Figura 4-15 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Espanha Sul.	39
Figura 4-16 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Espanha Sudeste.	39
Figura 4-17 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Ilhas.....	39
Figura 4-18 - Contribuição máxima dos efeitos sazonais (mm).....	41
Figura 4-19 - Ruído branco obtido para a componente Norte, a partir de processamento sem sinusóide (superior), considerando sinusóide anual (meio) e sinusóide anual e semestral (inferior).	46
Figura 4-20 - Ruído branco obtido para a componente Norte, através de processamento considerando a combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (superior) e a combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).....	47
Figura 4-21 - Ruído branco obtido para a componente Este, a partir de processamento sem sinusóide (superior), considerando sinusóide anual (meio) e sinusóide anual e semestral (inferior).....	51
Figura 4-22 - Ruído branco obtido para a componente Este, através de processamento considerando a combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (superior) e a combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).....	52
Figura 4-23 - Ruído branco obtido para a componente Vertical, a partir de processamento sem sinusóide (superior), considerando sinusóide anual (meio) e sinusóide anual e semestral (inferior).	56
Figura 4-24 - Ruído branco obtido para a componente Vertical, através de processamento considerando a combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (superior) e a combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).....	57
Figura 4-25 - Ruído rosa para a componente Norte, considerando modelo simples de ruído rosa com sinusóide anual (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (inferior).....	60
Figura 4-26 - Ruído rosa para a componente Este, considerando modelo simples de ruído rosa com sinusóide anual (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (inferior).....	63

Figura 4-27 - Ruído rosa para a componente Vertical, considerando modelo simples de ruído rosa com sinusóide anual (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (inferior).....	66
Figura 4-28 - Ruído vermelho para a componente Norte, considerando modelo simples de ruído vermelho com sinusóide anual (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).	69
Figura 4-29 - Ruído vermelho para a componente Este, considerando modelo simples de ruído vermelho com sinusóide anual (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).	72
Figura 4-30 - Ruído vermelho para a componente Vertical, considerando modelo simples de ruído vermelho (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).....	75
Figura 4-31 - Ruído colorido considerando sinusóide anual, para a componente Norte, Este e Vertical.....	79
Figura 4-32 - Índice espectral estimado, considerando sinusóide anual, para a componente Norte, Este e Vertical.....	80
Figura 4-33 - Correlação linear de incertezas entre modelo de ruído branco e ruído branco considerando termo anual e semi-anual.....	87
Figura 4-34 - Correlação linear entre incertezas realistas e incertezas obtidas a partir do modelo de ruído branco considerando termo anual.	88
Figura 4-35 - Correlação linear entre incertezas realistas e incertezas obtidas a partir da combinação do modelo de ruído branco com ruído rosa, considerando termo anual.	89
Figura 4-36 - Correlação linear entre combinação do modelo de ruído branco com ruído rosa e modelo de ruído branco, considerando termo anual.	90
Figura C-1 - Série temporal da estação ACOR após remoção da tendência.....	110
Figura C-2 - Série temporal da estação ALCO após remoção da tendência.	110
Figura C-3 - Série temporal da estação ALME após remoção da tendência.	110
Figura C-4 - Série temporal da estação ARRA após remoção da tendência.	111
Figura C-5 - Série temporal da estação AZGR após remoção da tendência.	111
Figura C-6 - Série temporal da estação BEJE após remoção da tendência.	111
Figura C-7 - Série temporal da estação BENA após remoção da tendência.	112
Figura C-8 - Série temporal da estação BORB após remoção da tendência.....	112
Figura C-9 - Série temporal da estação BORR após remoção da tendência.....	112
Figura C-10 - Série temporal da estação BRAG após remoção da tendência.....	113
Figura C-11 - Série temporal da estação CANT após remoção da tendência.	113
Figura C-12 - Série temporal da estação CASC após remoção da tendência.	113

Figura C-13 - Série temporal da estação COBA após remoção da tendência.....	114
Figura C-14 - Série temporal da estação COIM após remoção da tendência.....	114
Figura C-15 - Série temporal da estação COVI após remoção da tendência.	114
Figura C-16 - Série temporal da estação CRAI após remoção da tendência.	115
Figura C-17 - Série temporal da estação EBRE após remoção da tendência.	115
Figura C-18 - Série temporal da estação ELVA após remoção da tendência.	115
Figura C-19 - Série temporal da estação ESCO após remoção da tendência.....	116
Figura C-20 - Série temporal da estação ESPI após remoção da tendência.....	116
Figura C-21 - Série temporal da estação EVOR após remoção da tendência.....	116
Figura C-22 - Série temporal da estação FARO após remoção da tendência.	117
Figura C-23 - Série temporal da estação FCUL após remoção da tendência.....	117
Figura C-24 - Série temporal da estação FLRS após remoção da tendência.	117
Figura C-25 - Série temporal da estação FUNC após remoção da tendência.	118
Figura C-26 - Série temporal da estação GAIA após remoção da tendência.	118
Figura C-27 - Série temporal da estação GUAR após remoção da tendência.....	118
Figura C-28 - Série temporal da estação HUEL após remoção da tendência.	119
Figura C-29 - Série temporal da estação IGEO após remoção da tendência.	119
Figura C-30 - Série temporal da estação IMMA após remoção da tendência.....	119
Figura C-31 - Série temporal da estação LAGO após remoção da tendência.	120
Figura C-32 - Série temporal da estação LEIR após remoção da tendência.	120
Figura C-33 - Série temporal da estação LEON após remoção da tendência.	120
Figura C-34 - Série temporal da estação MAD2 após remoção da tendência.	121
Figura C-35 - Série temporal da estação MADR após remoção da tendência.	121
Figura C-36 - Série temporal da estação MAFR após remoção da tendência.....	121
Figura C-37 - Série temporal da estação MALA após remoção da tendência.	122
Figura C-38 - Série temporal da estação MALL após remoção da tendência.....	122
Figura C-39 - Série temporal da estação MERT após remoção da tendência.....	122
Figura C-40 - Série temporal da estação PACO após remoção da tendência.....	123
Figura C-41 - Série temporal da estação PDEL após remoção da tendência.....	123
Figura C-42 - Série temporal da estação SAGR após remoção da tendência.....	123
Figura C-43 - Série temporal da estação SALA após remoção da tendência.	124
Figura C-44 - Série temporal da estação SFER após remoção da tendência.	124
Figura C-45 - Série temporal da estação SMAM após remoção da tendência.	124
Figura C-46 - Série temporal da estação SMGR após remoção da tendência.	125
Figura C-47 - Série temporal da estação TAVI após remoção da tendência.	125
Figura C-48 - Série temporal da estação TMAD após remoção da tendência.....	125
Figura C-49 - Série temporal da estação VALA após remoção da tendência.	126

Figura C-50 - Série temporal da estação VALE após remoção da tendência.	126
Figura C-51 - Série temporal da estação VIGO após remoção da tendência.	126
Figura C-52 - Série temporal da estação VILL após remoção da tendência.	127
Figura C-53 - Série temporal da estação VISE após remoção da tendência.	127
Figura C-54 - Série temporal da estação VREA após remoção da tendência.	127
Figura C-55 - Série temporal da estação YEBE após remoção da tendência.	128

Índice de Tabelas

Tabela 4-1 - Número de estações, por diferente rede de posicionamento, utilizadas no estudo das características de ruído.	24
Tabela 4-2 - Valores mínimos e máximos de ruído branco para a componente Norte, obtidos nos processamentos em que é considerado apenas ruído branco e para as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).....	43
Tabela 4-3 - Valores mínimos e máximos de redução percentual para a componente Norte do ruído branco, tomando como padrão o ruído branco sem sinusóide.....	45
Tabela 4-4 - Valores mínimos e máximos de ruído branco para a componente Este, obtidos nos processamentos em que é considerado apenas ruído branco e para as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).....	48
Tabela 4-5 - Valores mínimos e máximos de redução percentual para a componente Este do ruído branco, tomando como padrão o ruído branco sem sinusóide.	49
Tabela 4-6 - Valores mínimos e máximos de ruído branco para a componente Vertical, obtidos nos processamentos em que é considerado apenas ruído branco e para as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).....	53
Tabela 4-7 - Valores mínimos e máximos de redução percentual para a componente Vertical do ruído branco, tomando como padrão o ruído branco sem sinusóide.	55
Tabela 4-8 - Valores mínimos e máximos de ruído rosa para a componente Norte, considerando o modelo de ruído rosa e a combinação de ruído branco com ruído rosa (RB+RR).....	58
Tabela 4-9 - Valores mínimos e máximos, para a componente Norte do ruído rosa, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) e o modelo simples de ruído rosa.....	59
Tabela 4-10 - Valores mínimos e máximos de ruído rosa para a componente Este, considerando o modelo de ruído rosa e a combinação de ruído branco com ruído rosa (RB+RR).....	61
Tabela 4-11 - Valores mínimos e máximos, para a componente Este do ruído rosa, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) e o modelo simples de ruído rosa.....	62
Tabela 4-12 - Valores mínimos e máximos de ruído rosa para a componente Vertical, considerando o modelo de ruído rosa e a combinação de ruído branco com ruído rosa (RB+RR).....	64

Tabela 4-13 - Valores mínimos e máximos, para a componente Vertical do ruído rosa, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) e o modelo simples de ruído rosa.	65
Tabela 4-14 - Ruído total da série quando considerada a combinação de ruído branco com ruído rosa.	65
Tabela 4-15 - Valores mínimos e máximos de ruído vermelho para a componente Norte, considerando o modelo de ruído vermelho e a combinação de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).	68
Tabela 4-16 - Valores mínimos e máximos, para a componente Norte do ruído vermelho, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV) e o modelo simples de ruído vermelho.	68
Tabela 4-17 - Valores mínimos e máximos de ruído vermelho para a componente Este, considerando o modelo de ruído vermelho e a combinação de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).	70
Tabela 4-18 - Valores mínimos e máximos, para a componente Este do ruído vermelho, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV) e o modelo simples de ruído vermelho.	71
Tabela 4-19 - Valores mínimos e máximos de ruído vermelho para a componente Vertical, considerando o modelo de ruído vermelho e a combinação de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).	74
Tabela 4-20 - Valores mínimos e máximos, para a componente Vertical do ruído vermelho, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV) e o modelo simples de ruído vermelho.	74
Tabela 4-21 - Ruído total da série quando considerada a combinação de ruído branco com ruído vermelho.	76
Tabela 4-22 - Valores mínimos e máximos de ruído colorido e respectivos índices espectrais.	77
Tabela 4-23 - Valores mínimos e máximos de índices espectrais e respectivo ruído colorido.	78
Tabela 4-24 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para a componente Norte, considerando o modelo de ruído branco e as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).	82
Tabela 4-25 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para a componente Este, considerando o modelo de ruído branco e as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).	82

Tabela 4-26 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para a componente Vertical, considerando o modelo de ruído branco e as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).	83
Tabela 4-27 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para o modelo de ruído rosa (RR) e combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa (RB+RR).	84
Tabela 4-28 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para o modelo de ruído vermelho (RV) e combinação de modelos de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).	84
Tabela 4-29 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para o modelo de ruído de índices espectrais decimais e incertezas devolvidas pelo GGMatlab.	85
Tabela 4-30 - Índices das rectas de regressão linear e elementos de correlação.	91
Tabela 4-31 - Factor médio de conversão, para as três componentes, entre modelos de ruído correlacionados.	91
Tabela A-1 - Identificação das estações e respectiva localização geográfica (cont.).	101
Tabela A-2 - Coordenadas das estações.	103
Tabela A-3 - Identificação de marca e modelo do receptor e antena utilizado por cada estação (cont.).	105
Tabela A-4 - Descrição da monumentação, número de alterações de receptor e antena das estações (cont.).	107
Tabela B-1 - Séries temporais de posição GPS consideradas no processamento, respectivo período de registo e número de observações.	109
Tabela D-1 - Incertezas realistas para as velocidades das estações, obtidas através do GGMatlab (cont.).	129
Tabela D-2 - Amplitude das estimativas de ruído para as componentes Norte, Este e Vertical das séries temporais das estações para cinco diferentes tipos de modelos estocásticos (cont.).	131
Tabela D-3 - Amplitude das estimativas de ruído branco para as componentes Norte, Este e Vertical das séries temporais das estações, não considerando sinusóide, considerando sinusóide anual e considerando a sinusóide anual com a sinusóide semestral (cont.).	133
Tabela D-4 - Estimativa do índice espectral e ruído colorido correspondente (cont.).	135
Tabela D-5 - Redução percentual da amplitude de ruído branco (cont.).	137

Tabela D-6 - Redução percentual da amplitude de ruído rosa e ruído vermelho quando é considerado respectivamente, a combinação de ruído branco com ruído rosa e a combinação ruído branco com ruído vermelho (cont.).	139
Tabela D-7 - Ruído total da série quando considerada a combinação de ruído branco com ruído rosa e combinação ruído branco com ruído vermelho (cont.).....	141
Tabela D-8 - Amplitude das estimativas de ruído colorido para as componentes Norte, Este e Vertical das séries temporais (cont.).....	143
Tabela D-9 - Incertezas das velocidades das estações, obtidas pelos diversos processamentos efectuados a partir do <i>software</i> CATS e do GGMatlab (cont.).....	145
Tabela D-10 - Equações da recta de regressão linear entre correlações de incertezas de velocidade e respectivo coeficiente de correlação.	147

Resumo

A presença de ruído em séries temporais produz efeitos significativos sobre as incertezas das velocidades baseadas nessas séries e é, por isso, importante contabilizar o ruído existente numa série, de forma a avaliar a magnitude do seu efeito, relacionando as incertezas com as amplitudes de ruído. As séries temporais apresentam fontes de erros que evidenciam a presença de ruído branco juntamente com ruído colorido (temporalmente correlacionado).

Este estudo avaliou as características do ruído de um conjunto de 55 séries temporais de posições semanais estimadas a partir de dados obtidos com o Sistema de Posicionamento Global (GPS - *Global Positioning System*), de estações localizadas em Portugal e Espanha.

Para caracterizar o ruído presente nas séries temporais foram utilizados diversos modelos de ruído e combinações de modelos de ruído, que permitiram estudar e comparar os processos de ruído estocásticos em séries temporais contínuas, apontar qual o melhor modelo ou combinação que descreve o ruído presente nas séries observadas e simultaneamente determinar incertezas mais próximas da realidade para a velocidade da estação. As amplitudes de ruído das séries temporais obtidas para cada uma das componentes indicaram que a combinação de ruído branco com ruído rosa é a que melhor descreve o ruído presente na série, indicando que, em séries temporais de coordenadas GPS, o ruído branco não é dominante.

Quando o índice espectral não é especificado, é necessário determinar o índice que minimiza o ruído para cada série. Verificou-se que os menores valores de ruído são estimados com os maiores índices espectrais e a média dos diversos índices espectrais calculados para as três componentes aponta o índice de -0.97 para alcançar o menor ruído.

Correlacionando as incertezas de velocidade obtidas pelo modelo de ruído branco e pela combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa, foi possível determinar um factor que permite relacionar as incertezas das velocidades entre esses modelos. Nesse sentido, conclui-se que as incertezas baseadas num modelo de ruído branco com ruído rosa são cerca de 3.3 vezes superiores às obtidas com base num modelo de ruído branco.

Palavras-chave:

Séries Temporais – Ruído Branco – Ruído Rosa – Ruído Vermelho – Incertezas

Abstract

The presence of noise in time series produces meaningful effects in the uncertainties of the velocities based on those series. Therefore, it is important to evaluate the noise in a series, in order to access the magnitude of its effect, and to relate the velocities uncertainties with the noise amplitudes. The time series presents error sources that show the presence of white noise with coloured noise (time correlated).

In this dissertation, the noise characteristics of a set of 55 time series of weekly positions based on Global Positioning System (GPS) data for stations located in Portugal and in Spain are evaluated.

To characterize the noise present in the time series were used several noise models and combinations of noise models that allowed to study and to compare the stochastic noise processes in continued time series, to indicate the best model or combination that describes the noise present in the observed series, and simultaneously to determinate the realistic uncertainties of the station velocity. The obtained noise amplitude of the time series for each of the components indicated that the combined white noise with flicker noise is the one that best describes the noise present in the series, indicating that the white noise is not dominant in GPS coordinate time series.

When the spectral index is not specified, it is essential determinate the index that minimizes the noise for each time series. It was verified that lower values of noise are estimated with higher spectral index and the average of the several calculated spectral index to the three components, indicates the -0.97 rate to obtain the lower noise.

Correlating the uncertainties of velocity obtained by the white noise and by the combined models of white noise and flicker noise, it was possible to establish a relation between the uncertainties of the velocity for the different models. Accordingly, it is concluded that the uncertainties of the velocities based on a combination of white noise and flicker noise are about 3.3 times higher than those based on white noise only.

Keywords:

Time Series – White Noise – Flicker Noise – Random Walk Noise – Uncertainties

Agradecimentos

Um profundo agradecimento ao meu orientador, o Professor Doutor Virgílio de Brito Mendes, pela incansável disponibilidade, rigor e meticulosa colaboração na orientação científica e ainda pela motivação e incentivo, que também foram estímulos essenciais, na concretização desta dissertação de mestrado. As suas sugestões e exigência, muito contribuíram para acrescentarem qualidade científica a esta investigação.

Agradeço também à Professora Doutora Susana Barbosa, pela introdução ao tema, pela oportunidade de aprendizagem exacta e por ter contribuído para a minha formação científica nesta área do conhecimento.

Ao Doutor Simon Williams, do *Proudman Oceanographic Laboratory*, pela colaboração, pelos esclarecimentos técnicos e pelo contributo em técnicas de análise estatística.

Manifesto a minha gratidão ao Exército Português e ao Instituto Geográfico do Exército, pela responsabilidade institucional, por terem possibilitado a dedicação exclusiva para desenvolver o meu trabalho e por proporcionarem as condições para o progresso deste projecto de pesquisa e desenvolvimento. Em particular gostaria de agradecer ao Tenente-Coronel Luís Crispim e ao Tenente-Coronel Rui Dias pelo acolhimento, pelo acompanhamento e pela disponibilidade manifestada e ainda o meu apreço ao Major Agostinho Freitas e ao Major Vasco Paiva, que numa fase inicial deste trabalho, prestaram um útil suporte técnico no domínio do *software* utilizado no processamento dos dados.

A minha gratidão, consideração e respeito pelo Major Rui Teodoro que contribuiu para a concretização deste esforço e sempre colaborou com o desenvolvimento da moral, ânimo e encorajamento nos momentos mais árduos desta jornada. Expresso ainda o meu agradecimento ao Major Nuno Mira, pela constante disponibilidade, pelas contribuições técnicas, discussão de ideias e sugestões de abordagem. Para eles a minha amizade.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram e estiveram envolvidos na realização deste trabalho.

1 Introdução

As redes de posicionamento com base no Sistema Global de Posicionamento (GPS – *Global Positioning System*) são utilizadas cada vez mais nos levantamentos geodésicos e nos estudos científicos. Inúmeras pesquisas de vários fenómenos geofísicos utilizam dados GPS de estações operando continuamente, registando séries temporais de coordenadas. Esta tecnologia de posicionamento por satélite tem sido utilizada numa grande variedade de aplicações, entre as quais a determinação de velocidades das placas tectónicas e na monitorização da deformação da crosta.

A análise de séries temporais, obtidas pelo processamento de vários anos de dados de redes GPS, permite detectar movimentos relacionados com a placa em que as estações estão edificadas, revelando efeitos de longo período [Rosa *et al.*, 2010].

Os estudos geofísicos que utilizam medições geodésicas de deslocamento da superfície requerem não só estimativas exactas de posicionamento mas também necessitam de estimativas de erro fiáveis.

O longo período de medições origina uma grande variedade de erros com escalas de tempo diferentes e, por isso, é conveniente caracterizar os erros como ruído branco, quando não existe dependência temporal, e ruído colorido, quando existe correlação temporal. As séries temporais de posições obtidas com GPS apresentam um comportamento não linear complexo e, por essa razão, o modelo estatístico da série temporal é mais complexo do que o simples ruído branco. Nos últimos anos, vários estudos tem estabelecido que as estimativas de coordenadas GPS estão temporalmente correlacionadas e, nesse sentido, é incorrecto assumir que as observações são independentes ao estimar os parâmetros das séries temporais.

As medições de deformação diferem de outros tipos de dados geofísicos em dois aspectos que dificultam as estimativas de erro [Mao *et al.*, 1999].

Em primeiro lugar, são necessários longos períodos de medições, ou seja, requerem séries temporais de vários anos para obter estimativas de velocidade precisas. Isso significa uma variedade de erros associados a diferentes períodos de tempo que podem degenerar o rigor dos dados. Se o recurso a medições frequentes e ao cálculo de médias pode reduzir substancialmente o efeito do ruído temporalmente não correlacionado (ruído branco), este procedimento já não é tão eficaz para os ruídos temporalmente correlacionados (ruído colorido).

Em segundo lugar, apesar do objectivo ser o registo do movimento das placas litosféricas, o que normalmente se regista é o movimento de um marco, da superfície ou do solo imediatamente abaixo da superfície topográfica. Em certas situações, poderá existir uma instabilidade na monumentação das estações, conhecido por ruído de monumentação (*monument noise*), que não está relacionado com o movimento de grandes unidades de crosta e é uma fonte de ruído para as medições geodésicas. Langbein and Johnson [1997] sugerem que este ruído pode ser modelado assumindo que é um ruído vermelho e sugerem que a origem do ruído vermelho é o movimento localizado decorrente da monumentação.

A aquisição de dados GPS envolve uma série de processos temporalmente dependentes que, independentemente do ruído de monumentação, são geradores de erros. Neste sentido, por existirem ainda outras origens de erro significativas, as estimativas de velocidade GPS podem ainda não ser suficientemente precisas para ter em atenção o ruído de monumentação. Outras fontes de ruídos temporalmente correlacionados incluem modelações deficientes das órbitas de satélites, dos efeitos atmosféricos, dos efeitos do centro de fase da antena e de outros efeitos relacionados com a definição de referenciais.

A presença de ruído colorido numa série temporal tem um efeito significativo sobre a incerteza de qualquer velocidade estimada a partir dos seus dados e, por isso, é importante contabilizar a presença de ruído.

É essencial compreender as componentes de ruído dos dados de posicionamento GPS para que possam ser atribuídas aos parâmetros estimadas incertezas fiáveis. O tipo de ruído assumido afecta muito a incerteza resultante e, por essa, razão é fundamental classificar e quantificar as componentes de ruído. A classificação das componentes de ruído podem indicar a razão das suas origens e orientar pesquisas e métodos para aumentar a exactidão e a precisão.

A incerteza de qualquer estimativa obtida a partir de um conjunto de dados depende do modelo de erros assumido para esses dados. Um modelo de ruído relaciona a incerteza com a amplitude do ruído, frequência de amostragem e o comprimento da série temporal.

A análise de ruído não contribui como um meio para reduzir esse ruído, mas é importante para proporcionar incertezas realistas.

1.1 Objectivos

De entre os objectivos da análise de séries temporais, destaca-se a descrição do comportamento da série, a identificação de periodicidades e as projecções ou previsões de valores futuros. A análise de séries temporais baseia-se na circunstância das observações apresentarem dependência entre elas e apresentarem algum padrão não aleatório. A identificação desse comportamento não aleatório é fundamental para a criação de modelos que possam descrever o comportamento futuro dos registos das estações.

Os dados geodésicos de alta precisão têm ruídos temporalmente correlacionados e essas correlações temporais afectam directamente as incertezas dos parâmetros. A estimação de velocidades e respectivas incertezas depende do modelo de ruído adoptado para descrever os dados das séries. Considerar que as séries temporais GPS são unicamente afectadas por ruído branco, resulta em estimativas de incertezas diferentes daquelas que são obtidas quando se adopta uma combinação de ruído branco com ruído colorido e, nessa ordem de ideias, a estimação das incertezas é demasiado optimista se apenas for considerado o modelo de ruído branco.

Os objectivos desta dissertação são os seguintes:

- Caracterizar o ruído presente em séries temporais GPS, com enfoque especial no ruído temporalmente correlacionado, tentando apontar algumas causas prováveis para as amplitudes inerentes a cada uma das estações incluídas no estudo;
- Analisar a influência da sazonalidade anual e semi-anual nas amplitudes de ruído e nas incertezas associadas às velocidades;
- Estudar o comportamento das incertezas associadas à estimação da velocidade, para diferentes modelos de ruído;
- Analisar o índice espectral que melhor se adequa às séries temporais estudadas;
- Comparar diferentes estratégias para determinar incertezas de velocidades
- Estabelecer uma regra empírica que permita determinar incertezas fiáveis a partir de incertezas formais.

1.2 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação de mestrado compreende cinco capítulos e quatro anexos. No primeiro capítulo é apresentado uma introdução ao tema, é estabelecido um

enquadramento à aplicação das séries temporais na área da geofísica e da geodesia e são definidos os objectivos deste trabalho de investigação.

No capítulo 2 é efectuada uma introdução teórica, onde são descritos os conceitos fundamentais relativos à análise de séries temporais e caracterizados os principais tipos de ruído com expressividade em séries temporais GPS.

No capítulo 3 são apresentados os estudos existentes mais relevantes nesta temática que contribuiram para a estruturação da linha de investigação e para comparação e análise dos resultados obtidos.

No capítulo 4 efectua-se uma caracterização dos dados utilizados. É feita uma abordagem à filosofia de funcionamento do *software* científico empregue nos processamentos dos dados e nas apresentações dos resultados obtidos, explicando os objectivos e as particularidades do *software* e algumas opções de processamento adoptadas. São ainda concebidas algumas considerações e interpretações dos resultados alcançados e, sempre que possível, é estabelecida uma comparação com os trabalhos de referência e com as suas conclusões mais significativas.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões da investigação efectuada e são apontadas algumas propostas para trabalhos a desenvolver no futuro, relacionados com o tema da dissertação e que justificam a continuidade do estudo de ruído em séries temporais GPS.

Relativamente à ortografia da dissertação, apesar de o governo português ter adoptado o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa a 1 de Janeiro de 2012 e o sistema educativo nacional já o aplicar desde o ano lectivo 2011/2012, todo o cidadão português pode fazer uso da possibilidade de opção de escolha da sua ortografia. À data de início da elaboração da dissertação já era assumido pelo governo que o Novo Acordo Ortográfico iria sofrer alterações de regras até 2015 e era colocada a hipótese de suspensão para revisão das regras definidas. Por estas razões, estando ainda num período de transição e existindo a possibilidade de opção, decidiu-se não aplicar o Novo Acordo Ortográfico para a elaboração desta dissertação de mestrado.

2 Conceitos e Fundamentos

Uma série temporal é uma coleção de observações dependentes, recolhidas sequencialmente ao longo do tempo, onde se procura, através do seu estudo, analisar e modelar essa dependência entre as observações vizinhas.

No estudo de séries geodésicas é importante caracterizar o ruído e, para além do ruído branco, existe também uma componente de erro temporalmente correlacionado que afecta os parâmetros estimados.

Para um melhor entendimento do estudo desenvolvido e da análise efectuada ao longo desta dissertação de mestrado, serão abordados neste capítulo alguns conceitos acerca de séries temporais e dos tipos de ruídos com maior preponderância em séries geodésicas.

2.1 Séries Temporais

Contrariamente aos modelos de regressão, em que a ordem das observações é irrelevante para a análise, nas séries temporais a ordem dos dados é crucial e podem ser definidas como um conjunto de variáveis aleatórias indexadas de acordo com a ordem em que ocorrem no tempo. Uma série temporal é um caso particular de um processo estocástico em que os valores observados são designados por realização; por essa razão é correcto afirmar que uma série temporal é uma sequência de realizações (observações) de variáveis ao longo do tempo. Por outras palavras, uma série temporal é uma sequência de dados quantitativos dependentes, recolhidos ao longo do tempo em intervalos regulares. Com a análise de uma série temporal, deseja-se em primeiro lugar modelar o fenómeno estudado para, a partir daí, descrever o comportamento da série, fazer estimativas de parâmetros e avaliar os factores que influenciam o seu comportamento.

Enumera-se de seguida algumas características particulares do tipo de dados de séries temporais [Ehlers, 2009]:

- As observações são correlacionadas e requerem técnicas específicas de análise;
- É fundamental considerar a ordem temporal das observações;
- Possibilidade da existência de factores complexos, como tendências, variações sazonais ou cíclicas, que deverão ser estimados ou removidos;
- É mais difícil de lidar com falhas nos períodos de observação e dados discrepantes devido à natureza sequencial.

Uma série temporal pode ser **contínua**, no caso de as observações serem registadas ininterruptamente durante um determinado período de tempo, ou **discreta**, quando as observações são obtidas por períodos específicos igualmente espaçados. Nas séries temporais, o termo contínuo e discreto não se aplica devido ao tipo de variável que a série regista e, por isso, uma série temporal contínua pode medir variáveis discretas e uma série temporal discreta pode medir variáveis contínuas.

As séries temporais podem ainda ser classificadas em **estacionárias** ou **não estacionárias**. A estacionaridade está relacionada com a tendência e com a flutuação da série em torno de uma mesma média ao longo do tempo. Uma série temporal é estacionária se as variações periódicas tiverem sido removidas e se não existirem alterações sistemáticas na média e na variância. A maioria da teoria probabilística das séries temporais baseia-se na sua estacionaridade e, por esta razão, é frequente o procedimento de transformação de séries não estacionárias em séries estacionárias. Por exemplo, pode ser interessante, após remover a tendência e as variações sazonais de um conjunto de dados, tentar modelar a variação nos resíduos através de um processo estocástico estacionário. No entanto, é também importante salientar, que a análise das componentes não estacionárias, como a tendência, poderá ser mais interessante que os resíduos estacionários [Chatfield, 1996].

Uma série temporal pode ter duas componentes, uma **determinística** e outra **estocástica**. Uma série temporal é determinística quando pode ser unicamente definida por uma função matemática perfeitamente determinada, permitindo efectuar previsões com relativo rigor. Contudo a maior parte das séries temporais contém um elemento aleatório pelo que as previsões exactas, a partir de valores registados em épocas anteriores, são difíceis de obter. Quando uma série temporal contém uma componente estocástica ou aleatória a série temporal é denominada estocástica. Falta referir que uma série temporal estocástica, pode não ter componente determinística e, por isso, resulta unicamente de uma distribuição de probabilidade. Na equação (2.1) esquematiza-se as componentes possíveis de uma série temporal em que Y é o valor esperado, μ é a componente determinística (sinal) e ε a componente aleatória (ruído ou erro):

$$Y = \mu + \varepsilon \quad (2.1)$$

onde Y é o valor esperado, μ é a componente determinística (sinal) e ε a componente aleatória (ruído ou erro). Um processo estocástico pode ser definido como

uma coleção de variáveis aleatórias ordenadas no tempo, que pode ser contínuo ou discreto.

Na análise de séries temporais, é possível variar o comprimento da série observada, mas os dados obtidos para cada instante resumem-se a uma única observação. Neste sentido, existe apenas uma realização do processo estocástico e uma única observação da variável aleatória em cada instante.

O primeiro passo, de extrema importância, na análise de séries temporais é elaborar o gráfico das observações em função do tempo (ver exemplo da Figura 2-1). Este gráfico deverá mostrar importantes características da série, como a tendência, a sazonalidade, a existência de observações discordantes *outliers* (observações aberrantes) e de discontinuidades. O gráfico é vital para descrever os dados e para auxiliar na formulação do modelo.

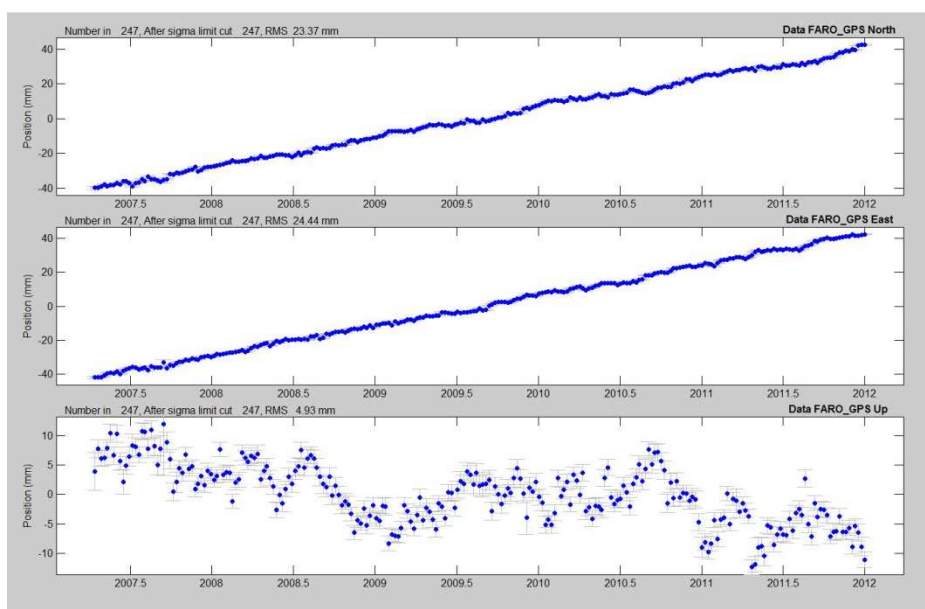


Figura 2-1 - Série temporal de variação de coordenadas GPS da estação de FARO.

O estudo de séries temporais pode focar a análise como um método para tentar entender a série temporal, a sua estrutura de origem e a sua relação com outras séries ou, por outro lado, efectuar previsões através da construção de um modelo matemático a partir do qual seja possível prever o comportamento futuro da série. Os objectivos primários da modelação de séries temporais são, através da compreensão do seu mecanismo gerador, sintetizar a dependência temporal das observações e prever observações futuras através do comportamento da série.

De um modo geral, os objectivos parciais no estudo de séries temporais podem ser os seguintes [Ehlers, 2009]:

- Descrição - descrever propriedades da série, tais como o padrão de tendência, a existência de variações sazonais ou cíclicas, a existência de *outliers* ou alterações estruturais decorrentes das mudanças de tendências ou de sazonalidades;
- Explicação - usar a variação de uma série para explicar a variação de outra série, quando são obtidas observações de duas ou mais variáveis;
- Predição - prever valores futuros com base em valores anteriormente registados. Neste estudo, assume-se a existência de incerteza e desenvolve-se esforços para reduzir os erros inerentes à predição. Embora em alguma bibliografia seja usual utilizar o termo predição para descrever métodos subjectivos e o termo previsão para métodos objectivos, nesta dissertação será usado o termo predição e previsão com o mesmo significado;
- Controlo - analisar as origens de falhas para melhorar processos e assim obter um maior rigor, quando os valores da série temporal medem a qualidade de uma actividade.

As propriedades observadas numa série temporal X_t podem ser interpretadas assumindo-se a seguinte forma de decomposição

$$X_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t \quad (2.2)$$

onde T_t é uma componente de tendência, S_t é uma componente sazonal, C_t é uma componente cíclica e ε_t é uma componente irregular ou ruído.

- Componente de Tendência (T_t) – A tendência está relacionada com a evolução da série ao longo do tempo. A tendência é definida como a inclinação ou direcção da série temporal e, por isso, está relacionada com o comportamento dos valores registados ao longo do tempo. Caracteriza-se por movimentos ascendentes ou descendentes dos valores registados durante um período de longa duração.

Para analisar a tendência os dois métodos mais utilizados são o ajustamento de uma função polinomial do tempo ou a análise da série em torno de um ponto, estimando a tendência nesse ponto (a Figura 2-2 exhibe um exemplo simplificado da observação de uma série com tendência crescente ao longo do

tempo). Por oposição, quando uma série não apresenta qualquer tipo de tendência, diz-se que é uma série estacionária.

- Componente de Sazonalidade (S_t) – É um movimento oscilatório, em intervalos de curta duração, que traduz a influência de factores periódicos nos valores da série. As séries com sazonalidade exibem um comportamento com tendência para se repetir periodicamente, ou seja, é um fenómeno que ocorre regularmente em períodos fixos de tempo. Por outras palavras, a sazonalidade é interpretada como um movimento regular de uma série dentro de um determinado período.

Para descobrir a existência de sazonalidade numa série, é necessário efectuar uma análise espectral para verificar qual o seu ritmo e identificar o padrão sazonal. Se existir uma sazonalidade determinística, poder-se-á utilizar modelos de regressão que incorporem funções de seno e coseno.

- Componente Cíclica (C_t) – É um movimento oscilatório de longa duração, em torno de uma tendência, que exprime a influência de factores aleatórios repetitivos. Algumas séries temporais exibem oscilações não fixadas para um determinado período, mas que são de certa forma previsíveis. É o registo de valores com comportamento quase periódico e com observações de extremos máximos e mínimos.
- Componente Irregular (ε_t) – Também chamada de variável aleatória ou ruído branco, é um movimento oscilatório de curta duração, que exprime a influência de valores esporádicos e, por isso, está relacionado com a imprevisibilidade e a aleatoriedade das observações.

Após a tendência e as variações cíclicas terem sido removidas de um conjunto de dados, a série fica com um conjunto de resíduos que podem ou não ser aleatórios. Várias técnicas de análise de séries deverão ser exploradas para tentar explicar se algumas das variações irregulares poderão ser explicadas através de modelos de probabilidade.

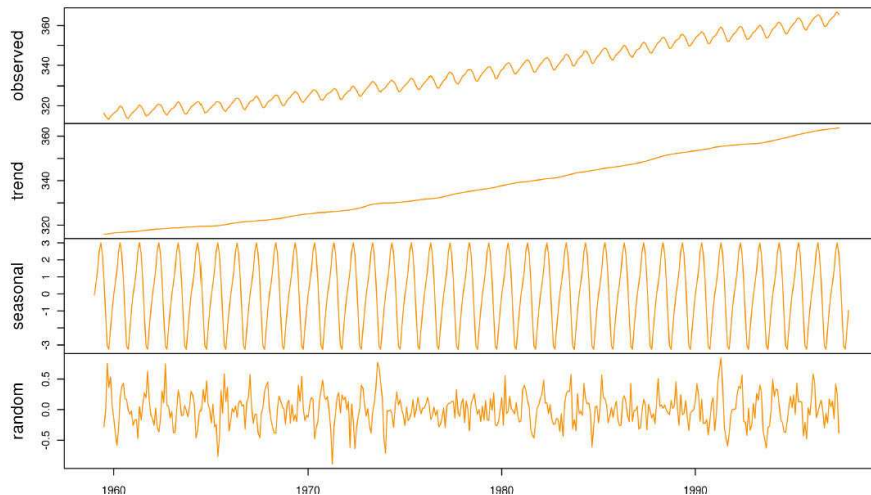


Figura 2-2 - Análise individual das componentes de variação de uma série temporal para a componente de tendência, componente de sazonalidade e componente irregular [Barbosa,2012].

Um modelo de decomposição de séries temporais supõe que a série temporal pode ser descrita como uma soma da tendência com a sazonalidade e um termo aleatório.

A tendência pode ser entendida como uma mudança de longo prazo no nível médio da série. A forma mais simples de tendência é uma combinação entre tendência linear e ruído, para o qual a observação no tempo t é uma variável aleatória T_t dada por:

$$T_t = \alpha + \beta_t + \varepsilon_t \quad (2.3)$$

onde α e β são constantes e ε_t é um termo de erro aleatório de média zero. O nível médio no instante t é dado pelo termo de tendência $m_t = (\alpha + \beta_t)$ [Chatfield, 1996].

Os modelos utilizados para descrever séries temporais são processos estocásticos, ou seja, processos baseados em leis probabilísticas.

Segundo o número de parâmetros envolvidos, os modelos para séries temporais podem ser classificados em **paramétricos**, onde o número de parâmetros é finito, e modelos **não paramétricos**, que envolvem um número infinito de parâmetros.

A modelação estatística tem por objectivos a interpretação da forma e dos parâmetros do modelo bem como efectuar previsões. Na modelação paramétrica é assumido um modelo para a componente determinística e aleatória; na modelação não paramétrica a estrutura do modelo não é pré-determinada, sendo baseada exclusivamente nas observações (ver Figura 2-3).

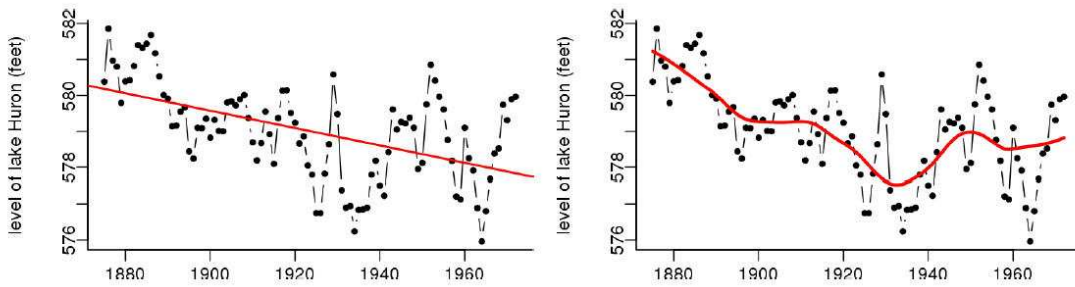


Figura 2-3 - Exemplos de modelação de uma série temporal. À direita uma modelação paramétrica utilizando uma regressão linear e à esquerda uma modelação não paramétrica [Barbosa, 2012].

2.2 Ruído

Ruído é uma perturbação indesejada dentro de uma faixa de frequências de interesse originada por fontes artificiais ou naturais. Consiste num distúrbio que afecta e que pode distorcer a informação, originando um sinal aleatório com propriedades estatísticas conhecidas de amplitude, distribuição e densidade espectral [NCS,1996]. O ruído deriva de um sinal aleatório e pode apresentar diferentes propriedades estatísticas consoante a fonte de aleatoriedade. A densidade espectral é uma distribuição de energia no espectro de frequências e é uma propriedade que permite distinguir os diferentes tipos de ruído. A classificação do ruído, a partir da densidade espectral, é apresentada por nomes associados a cores. As diferentes definições de ruído assumem um sinal com componentes para todas as frequências, com uma densidade de potência espectral por unidade de largura de banda proporcional a f^k , onde k é o índice espectral ($k \leq 0$).

O ruído nas séries temporais de posição GPS pode ser descrito por um processo estocástico unidimensional com a forma

$$P_x(f) = P_0 \left(\frac{f}{f_0} \right)^k \quad (2.4)$$

onde f é a frequência espacial ou temporal, P_0 e f_0 são constantes de normalização e k é o índice espectral. Esta forma é geralmente adoptada por constituir um bom ajuste para os espectros de uma ampla variedade de fenómenos geofísicos. O índice espectral encontra-se frequentemente no intervalo $[-3, -1]$, o que significa que a energia a baixas frequências excede a das altas frequências [Agnew, 1992]. O processo dentro desta faixa ou intervalo são subdivididos em movimento Browniano

fraccionário (*fractional Brownian motion*), para $-3 < k < -1$, e ruído branco fraccionário (*fractional white noise*) ou ruído gaussiano fraccionário (*fractional Gaussian noise*), para $-1 < k < 1$. Casos especiais dentro deste modelo estocástico ocorrem para valores inteiros de índice espectral. Neste sentido, para $k = 0$ ocorre o clássico ruído branco (*white noise*), para $k = -1$ o ruído rosa (*flicker noise*) e para $k = -2$ tem-se o ruído vermelho (*random walk*) [Williams, 2003]. Para processos de ruído que seguem lei-potência (ruído vermelho e ruído rosa) e outros que não sejam ruído branco, utiliza-se geralmente o termo ruído colorido para os designar.

Até recentemente, era geralmente assumido que apenas o ruído branco estava presente nas séries temporais geodésicas; estudos recentes já forneceram evidências para a presença de outros ruídos. Devido à sua importância, descrevem-se com mais detalhe as características dos ruídos branco, rosa e vermelho.

2.2.1 Ruído Branco

O ruído branco, também referido usualmente como ruído branco gaussiano aditivo, é um espectro de ruído com uma frequência contínua e uniforme sobre uma banda de frequência especificada [NCS,1996], ou seja, é um sinal aleatório com uma densidade de potência espectral plana em que a potência é constante em todas as faixas de frequência e que apresenta constantes valores de energia para todo o espectro de frequências. O sinal tem uma potência igual dentro de uma largura de banda fixa em qualquer frequência central. Uma série temporal é caracterizada como tendo ruído branco fraco, se a sequência de variáveis aleatórias não correlacionadas tem médias zero e variâncias finitas, ou ruído branco forte, se possuir a qualidade de ser independente e identicamente distribuído, o que implica uma não autocorrelação. Se a série tem uma distribuição normal com média zero e desvio padrão σ , a série apresenta um ruído branco Gaussiano. Um sinal aleatório é considerado ruído branco se for observado um espectro estável em relação à largura de banda mais ampla possível. Por vezes, é erradamente assumido que o ruído Gaussiano é necessariamente um ruído branco, uma vez que ser Gaussiano está relacionado com a distribuição de probabilidade.

O ruído branco está muito presente no estudo de séries temporais, especialmente nas séries estocásticas discretas. A existência de ruído branco aplica-se à existência de uma sequência de erros aleatórios de média e variância constante e sem autocorrelação. O ruído branco é temporalmente homogêneo, estacionário e sem dependência temporal, que resulta de um processo estocástico onde todas as variáveis aleatórias seguem uma distribuição normal de média zero, com variância

constante e covariâncias nulas. O ruído branco é independente da frequência e é geralmente associado ao ruído do *hardware* e a erros de medida. Este ruído contém pouca ou nenhuma informação geodésica, mas a sua correcta caracterização estatística contribui para inúmeras aplicações que incluem a filtragem das séries temporais GPS e a estimação das incertezas da velocidade [Montillet *et al.*, 2013].

2.2.2 Ruído Rosa

O ruído rosa, também conhecido por *flicker noise*, ruído $1/f$ ou ruído fraccionário ou fractal, é um sinal com um espectro de frequências e densidade de potência espectral inversamente proporcional à frequência do sinal. A sua designação teve origem no facto deste ruído apresentar características intermediárias entre o ruído branco ($1/f^0$) e o ruído vermelho ($1/f^2$). Para altas frequências o ruído rosa nunca é dominante, esse domínio é assegurado pelo ruído branco. Já nas baixas frequências, o ruído rosa tem maior energia do que o ruído branco. Reforçando a ideia anterior, na Figura 2-4, o gráfico mostra que o ruído branco está presente principalmente nas frequências altas, o ruído rosa em frequências médias e o ruído vermelho em frequências baixas.

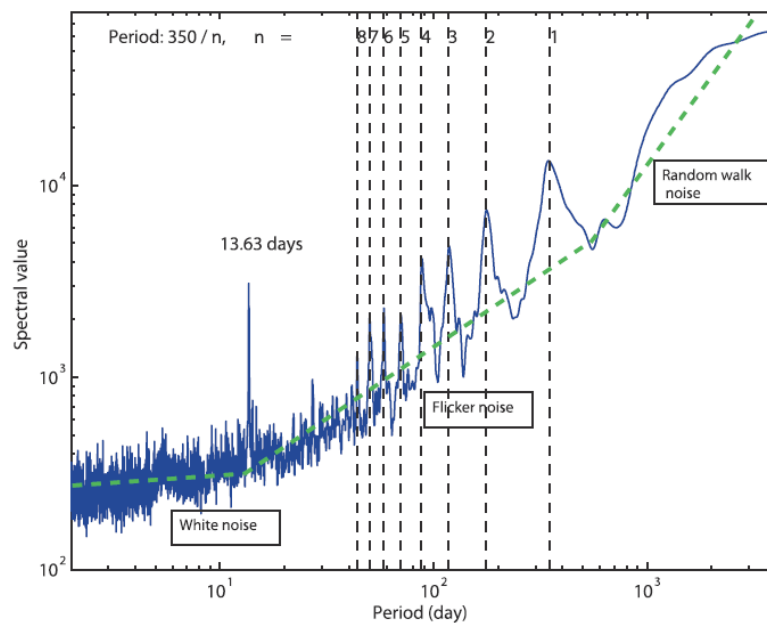


Figura 2-4 - Espectro de potência espectral de 71 estações GPS correspondente a 213 séries temporais com remoção da componente sazonal anual e semi-anual, considerando o modelo de ruído branco puro [Aimiri-Simkooei *et al.*, 2007]

2.2.3 Ruído Vermelho

Também conhecido por passeio aleatório, *random walk noise* ou ruído *Brown*, é um ruído produzido pelo movimento Browniano. A sua densidade espectral é inversamente proporcional a f^2 , indicando que tem mais energia nas baixas frequências, superior inclusivamente ao ruído rosa. Este tipo de ruído pode ser obtido através da integração do ruído branco.

É um processo com tendência estocástica, que não manifesta condições de estacionaridade e onde os registos da série não permitem prever o seu futuro.

Em séries temporais, a detecção de um ruído vermelho depende da extensão da série temporal, da frequência de amostragem e das amplitudes das outras componentes de ruído presentes na série. A instabilidade da monumentação geodésica é uma importante fonte de ruído vermelho.

Na Figura 2-5 é apresentada uma comparação da distribuição de potência de um ruído branco, de um ruído rosa e de um ruído vermelho.

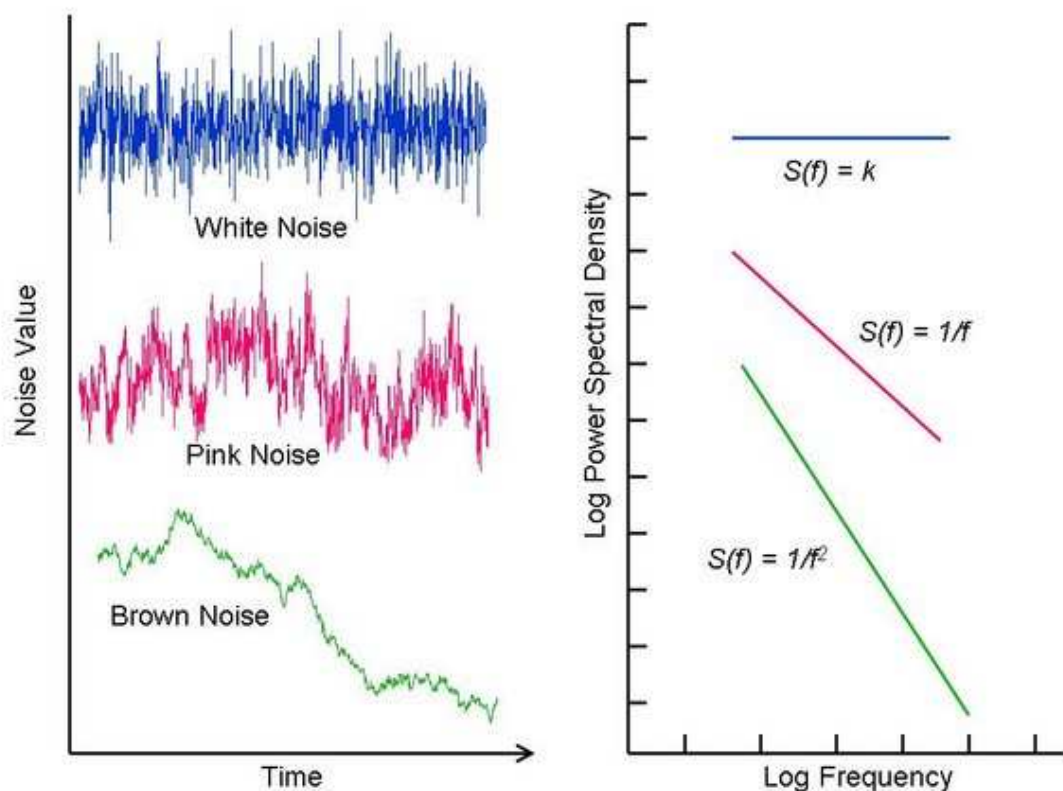


Figura 2-5 - Séries temporais caracterizadas por ruído branco, ruído rosa e ruído vermelho (à esquerda) e respectivos espectros de potência (à direita) [Ward and Greenwood, 2007].

Após uma sumária descrição dos conceitos fundamentais relacionados com a análise de séries temporais e com os principais tipos de ruído que irão ser abordados nesta dissertação, ir-se-á tratar alguns dos estudos mais relevantes neste domínio de investigação científica, procurando entender os seus objectivos, a estratégia de processamento adoptada e, por último, apreciar as suas conclusões, que estando enquadradas nas mesmas linhas desta investigação, poderão favorecer a análise dos resultados e constituir uma boa base de comparação.

3 Estudos Existentes

Estudos de Zhang *et al.* [1997], Mao *et al.* [1999] e Williams *et al.* [2004] demonstraram que as séries temporais de medições GPS incluem, para além do ruído branco, uma componente de erro temporalmente correlacionado e que essas correlações são mais consistentes quando se combina ruído branco com ruído rosa. Nestes estudos foram usadas técnicas de análise espectral para analisar os dados no domínio da frequência e a estimação por máxima verosimilhança (MLE - *Maximum Likelihood Estimation*) para avaliar as covariâncias no domínio do tempo. Apesar de ser reconhecido que o método de potência espectral não produz estimativas particularmente precisas para o índice espectral, foram divulgados estudos no sentido de apresentarem valores de índices espectrais que melhor se adequassem ao ruído das séries temporais.

Na maioria dos estudos existentes, o ruído de lei-potência (*power law noise*) foi limitado aos índices espectrais inteiros de -1 e -2, respectivamente ruído rosa e ruído vermelho, para as quais a derivação da matriz de covariâncias é conhecida. A principal razão para a escolha específica dos índices espectrais era o facto de ainda não ser conhecida nenhuma forma geral para a matriz de covariâncias do ruído de lei-potência. Também existem algumas vantagens em assumir um tipo específico de modelo de ruído para todas as séries. Primeiro, se um parâmetro ou modelo de ruído é mantido de forma fixa, é mais fácil comparar as características de ruído de diferentes conjuntos de dados. Segundo, é fácil assumir que todos os locais são, até uma certa extensão, afectados pelas mesmas fontes de ruído, como movimentos de monumentação, efeitos atmosféricos, definição de referenciais e que, por isso, deverão ter semelhantes espectros de potência. Terceiro, dado que a MLE é bastante exigente computacionalmente, em particular se a série temporal é longa ou existirem muitos parâmetros de ruído por resolver, este processamento pode ser reduzido no caso de se optar por manter os modelos de ruído. Por estas razões e para tentar facilitar a comparação com estudos anteriores é usual utilizar os modelos de ruído branco, ruído branco mais ruído rosa e ruído branco mais ruído vermelho [Williams, 2004].

Com o desenvolvimento de estudos, avanços tecnológicos e computacionais e a disponibilidade de séries temporais com maior número de registos, o processamento de dados deixou de estar condicionado a índices espectrais inteiros, sendo possível estimá-los através do uso da MLE. Os modelos estocásticos permitem encontrar causas e pesquisar fenómenos físicos que afectam as séries temporais. Por exemplo, o ruído vermelho, devido ao efeito de monumentação, é geralmente considerado nas

séries temporais geodésicas; no entanto, não tem sido encontrado nas séries temporais GPS devido ao pequeno comprimento das séries disponíveis e ao domínio de outros ruídos. Uma outra razão que actualmente permite calcular o índice espectral é o desenvolvimento de um método para determinar a matriz de covariância para qualquer índice espectral.

De entre os estudos que abordam a análise de séries temporais GPS, salientam-se os mais significativos e os que tem sido o suporte para o desenvolvimento de posteriores pesquisas. Estes artigos, serão abordados por apresentarem conclusões que poderão ser comparadas com os resultados obtidos nesta dissertação e alguns artigos serão mais exhaustivamente descritos por constituírem uma referência para o desenvolvimento da pesquisa efectuada.

Zhang *et al.* [1997] analisaram séries temporais contínuas de 10 estações GPS no sul da Califórnia, por um período de 19 meses. Embora as séries temporais tenham exibido um ruído colorido significativo, mostrou-se que as séries são descritas de melhor forma através de uma fracção de ruído branco ou ruído rosa mais ruído branco, em vez de ruído vermelho mais ruído branco. Neste estudo foram derivadas expressões analíticas para as incertezas associadas ao ruído vermelho. Usando a MLE, foi possível estimar a quantidade de ruído vermelho mais ruído branco ou ruído rosa mais ruído branco em cada série temporal e avaliar as respectivas incertezas das velocidades. Utilizando a MLE com índices espectrais inteiros, Zhang *et al.* [1997] concluíram que o ruído nos dados seria mais bem traduzido como uma combinação de ruído branco e ruído rosa e utilizando a potência espectral, o ruído foi caracterizado como um ruído fractal com índice espectral de -0.4 ± 0.1 .

Mao *et al.* [1999] desenvolveu um estudo de investigação com o objectivo de avaliar as características de ruído em séries temporais de coordenadas GPS. Nesse estudo utilizou dados de mais de 2 anos de registo de 23 estações GPS globalmente distribuídas, operando em modo contínuo. Utilizando a análise espectral e MLE conclui que uma combinação de ruído branco e ruído rosa concebia o melhor modelo para representar as características do ruído total das 3 componentes posicionais, que ambas as suas amplitudes (ruído branco e ruído rosa) eram menores para a componente Norte e maiores para a componente Vertical e o ruído branco da componente Vertical era maior nas estações tropicais em comparação com as estações de latitudes médias.

A observação de dados com a distribuição global, permitiu avaliar as diferenças regionais em termos de ruído. Nos dados GPS existem inúmeros erros com relevantes

manifestações, tais como erros atmosféricos e erros relacionados com a órbita e com o referencial, que podem apresentar diferenças a nível regional.

Como anteriormente referido, no estudo foram empregues dois métodos, a análise espectral e a MLE, para avaliar o ruído temporalmente correlacionado nas séries temporais. A análise espectral serviu para estimar o índice de ruído enquanto a MLE foi usada para caracterizar as amplitudes dos processos estocásticos com índices espectrais inteiros.

Os índices espectrais determinados por Mao *et al.* [1999] variam entre -0.51 e -2.17 e os autores concluíram que não existe uma diferença significativa no carácter espectral do ruído para a componente Norte (-0.97 ± 0.24), Este (-0.74 ± 0.26) e Vertical (-0.97 ± 0.29). A média ponderada para as 3 componentes é -0.89 ± 0.28 e a média não ponderada de todos os componentes é de -1.02 ± 0.37 . As estimativas mais fiáveis do índice espectral (incerteza inferior ou igual a 0.5) estão compreendidas no intervalo de -0.51 e -1.66. Como a média do índice espectral está perto de -1.0, independentemente da componente ou ponderação, é sugerido que o ruído rosa é o modelo adequado para o ruído temporalmente correlacionado destas séries temporais. Os valores médios referidos superiormente não incluem o valor das séries que não convergiram, quando essas séries são consideradas por aproximação, através de um ajustamento de uma linha recta ao seu espectro, a média obtida para o índice espectral é de -0.98 ± 0.42 .

Foram efectuados testes com e sem remoção do termo anual e para a maioria das soluções obtidas, os resultados e os erros foram equivalentes; no entanto, quando o termo anual é removido, um maior número de soluções não convergiu.

Os valores obtidos são superiores ao valor médio de -0.4 ± 0.1 estimado por Zhang *et al.* [1997], reflectindo uma ou mais diferenças entre as duas análises. Em primeiro lugar, Zhang *et al.* [1997], removeram o erro orbital presente nos dados e, em segundo lugar, existiu uma limitação dos dados a 1.6 anos. As séries temporais mais longas deste estudo podem ser mais sensíveis a longo prazo a um ruído temporalmente correlacionado. Uma terceira diferença consiste que Zhang *et al.* [1997] ajustaram uma linha recta ao espectro enquanto que no estudo de Mao *et al.* [1999] foi utilizado uma curva para permitir melhores aproximações à parte espectral de baixa frequência. De salientar que Zhang *et al.* [1997] também observou que um modelo de ruído branco mais ruído rosa se ajustava melhor aos seus dados e garantia uma melhor modelação.

Comparando os valores de MLE obtidos para os modelos de ruído branco mais ruído rosa e ruído branco mais ruído vermelho conclui-se que o ruído branco mais ruído rosa é o tipo de modelação aconselhado, pois é o que consistentemente apresentam os valores mais elevados. Igual resultado é obtido a partir da análise espectral. Estes resultados não indicam a inexistência de ruído vermelho nas séries temporais estudadas mas com o pequeno intervalo de tempo considerado para estas séries temporais (3 anos), os actuais níveis de ruído branco e ruído rosa e possíveis níveis de ruído vermelho (1-3 mm/ano assumindo o ruído de monumentação) são factores que não promoveram a sua detecção.

Em resumo, tanto a análise espectral como a MLE estão de acordo que o modelo de ruído branco mais ruído rosa se ajusta melhor aos dados das séries temporais disponíveis.

Em geral, o ruído da componente Este é ligeiramente maior que o da componente Norte e a componente Vertical apresenta sempre uma magnitude superior de ruído branco e ruído rosa. Para componentes individuais, não existe uma correlação significativa entre magnitudes de ruído branco e ruído rosa, mas quando se apresenta o conjunto das 3 componentes, existe uma boa correlação total. Para o ruído branco, as amplitudes médias são de 3.3 mm para a componente Norte, 5.9 mm para a componente Este e 10.3 mm para a componente Vertical. Para o ruído rosa, as amplitudes médias são de 5.7 mm, 7.8 mm e 14.7 mm, respectivamente para as componentes Norte, Este e Vertical.

Para testar se os resultados obtidos eram enviesados, devido às séries temporais serem demasiado curtas, Mao *et al.* [1999] aplicaram a mesma análise em séries temporais de GPS com mais de 6 anos de duração. Concluíram que os resultados eram muito semelhantes, o que sugere que os resultados do estudo com séries de 3 anos permitia caracterizar adequadamente o ruído. Contudo uma amplitude de ruído rosa mais alta é observada em algumas das séries temporais mais longas, indicando a possibilidade de séries temporais mais longas serem mais sensíveis a erros de períodos temporalmente correlacionados mais longos. Outra explicação alternativa é que séries temporais mais longas incluem necessariamente dados mais antigos e, por isso, com maior ruído. No futuro, com o incremento de melhorias no GPS, as séries temporais mais longas irão permitir estimativas mais precisas de ruído temporalmente correlacionado.

Relativamente às incertezas das velocidades obtidas, Mao *et al.* [1999] verificaram que estas diminuem mais lentamente para as séries temporais que possuem significativo

ruído temporalmente correlacionado, especialmente para séries em que os contributos de ruído branco são iguais aos contributos de ruído rosa. Correlacionando as incertezas calculadas para a combinação de ruído branco e ruído rosa com as incertezas para o ruído branco puro, concluíram que se apenas for assumido o ruído branco, os erros de velocidade são subestimados por factores que variam entre 5 e 11.

O efeito de instabilidade de monumentação, descrito como um processo aleatório, na estimativa de incerteza de velocidade foi investigado por Johnson and Agnew [1995]. Neste estudo foram simuladas séries de dados que tinham presença de ruído vermelho e ruído branco. Os autores concluíram que o descuidar das correlações temporais produzia uma incerteza estimada para a velocidade que era muito pequena e que, se o ruído vermelho e o ruído branco fossem de magnitude semelhante, então poderia não existir melhoria nas incertezas com a utilização de mais observações dentro do período de análise.

Quanto à origem do ruído devido à monumentação, Mao *et al.* [1999] concluem que, para séries com níveis relativamente elevados de ruído branco e ruído rosa (10 e 15 mm), é necessário um período superior a 15 anos para poder ser estimado. Para níveis mais baixos de ruído branco e ruído rosa, de 3 e 5 mm respectivamente, as estimativas de velocidade são sensíveis ao ruído de monumentação em séries de 4 anos.

Johnson *et al.* [2000] concluem que algumas estações bem alicerçadas mostravam um ruído vermelho nas baixas frequências da componente horizontal. A detecção do ruído vermelho foi possível devido ao ruído branco na série temporal ter um factor 10 vezes menor que o tipicamente observado a nível global nas séries temporais para uma estação única.

Num outro estudo, Williams [2003] demonstra que nas séries temporais geodésicas, para além da presença de ruído branco, existe também a presença de ruído de lei-potência (ruído vermelho e ruído rosa) e que o processo se aproxima do ruído vermelho. A razão apontada como a mais provável para a origem deste ruído, parece ser a instabilidade dos apoios das antenas GPS, que perto da superfície são mais afectadas por forças não tectónicas, como sejam as condições atmosféricas.

Williams [2003] examinou o efeito que o ruído colorido com um índice espectral na faixa de $-3 < k < 0$ provoca na incerteza das velocidades de deformação. Uma vez que a maioria dos estudos existentes se concentra nos índices espectrais inteiros e por

não existir nenhuma razão que impeça a utilização de índices decimais, Williams [2003] desenvolveu algumas equações simples para calcular a incerteza dada pela amplitude do ruído, frequência de amostragem e comprimento das séries temporais, juntamente com algumas outras equações que poderão ser usadas para fornecer uma análise de primeira ordem dos dados.

Normalmente existem duas etapas assumidas para o cálculo das velocidades e das suas incertezas. Primeiro, determina-se o tipo e a amplitude do ruído presente na série temporal e, em seguida, a velocidade e a sua incerteza são estimadas usando uma ponderação por mínimos quadrados usando a matriz de covariâncias apropriada derivada na primeira etapa. Para estudar os dados, na primeira etapa pode-se utilizar a análise espectral, a análise do domínio do tempo usando funções de estrutura ou simplesmente usando resultados de conjuntos de dados anteriores de locais próximos. Um outro método, a MLE, combina as duas etapas numa só e é considerado o mais preciso e exacto dos métodos actuais.

Williams *et al.* [2004] desenvolveu um estudo em que analisou um total de 954 séries temporais contínuas de posição GPS a partir de 414 posições diferentes e 9 soluções GPS distintas, que podem ser classificadas em soluções globais e regionais. A sobreposição de alguns locais em diferentes soluções permitiu comparar os resultados entre as redes globais e regionais e entre as diferentes soluções.

Usando a MLE, as séries com duração entre os 16 meses e mais de 10 anos, foram analisadas quanto ao teor de ruído. Foi utilizada a MLE para medir as quantidades de ruído branco, ruído rosa e ruído vermelho das séries temporais. A MLE também foi utilizada para estabelecer um modelo global de ruído que melhor descrevesse os dados. A análise de dados foi efectuada de duas formas distintas, na primeira a análise do ruído foi assumida como apenas ruído branco, como uma combinação de ruído branco mais ruído rosa ou uma combinação de ruído branco mais ruído vermelho. Para a segunda análise, o índice espectral e a amplitude do ruído de lei-potência, foram estimados simultaneamente com o ruído branco. Para a primeira análise, utilizando índices espectrais inteiros, nas soluções onde as estações foram globalmente distribuídas, o ruído pode, de melhor forma, ser traduzido por uma combinação de ruído branco mais ruído rosa e, num número menor de situações, por uma combinação de ruído branco mais ruído vermelho. O modelo considerando unicamente ruído branco apenas foi preferido para séries temporais curtas com menos de 2 anos. Neste sentido e à semelhança das conclusões anteriores de Mao *et al.* [1999] e Zhang *et al.* [1997], o modelo mais adequado para descrever os processos de

ruído de uma série temporal GPS foi, para a maioria dos locais, o que combina ruído branco com ruído rosa. No entanto, existem vários locais nas soluções regionais, onde o ruído branco mais ruído vermelho consegue ser o modelo mais adequado.

Para as soluções globais constatou-se que as componentes horizontais eram menos ruidosas, para ruído branco e ruído rosa, do que para as componentes verticais.

Uma das motivações iniciais do estudo de Williams *et al.* [2004] era avaliar o impacto das diferentes monumentações sobre o ruído das séries temporais contínuas de posições GPS. Para atingir este objectivo, foi necessário várias séries temporais de locais com diferentes tipos de monumentação. O ruído de monumentação em conjuntos de dados geodésicos é entendido como um processo de ruído vermelho e para detectar este ruído nos dados GPS são necessárias séries muito longas, de forma a reduzir o domínio do ruído rosa e permitir definir correctamente os níveis de ruído e correspondente gama de índices espectrais.

Observando os resultados desta análise referente à monumentação, os autores concluíram que existia um aumento de estabilidade em locais com monumentação profunda em comparação com outros tipos de monumentação. Em segundo lugar, surgem com maior estabilidade as estações localizadas em edifícios. Inesperadamente, as estações em pilares ou cais de betão apresentaram uma reduzida estabilidade, só existindo, nas 8 tipologias de monumentação consideradas no estudo, uma situação pior, correspondente à localização de antenas em plataformas petrolíferas.

Uma vez mais, este estudo concluiu também que numa solução global de GPS, onde não existiu tentativas de reduzir o ruído espacialmente correlacionado, a análise MLE indicou que uma combinação de ruído branco e ruído rosa é o modelo estocástico apropriado para as três componentes das coordenadas e que a vantagem em estimar o índice espectral juntamente com as amplitudes de ruído não é significativa.

No estudo de Amiri-Simkooei *et al.* [2007], é proposta uma metodologia para avaliar as características do ruído em séries temporais de posição GPS. Foi adoptada a estimativa da componente de variância por mínimos quadrados (LS-VCE – *Least Squares Variance Component Estimation*) que é um método que permite lidar com qualquer tipo de ruído presente nos dados e permite obter a matriz de covariâncias dos estimadores e respectivas incertezas. Utilizaram séries temporais de 10 anos, com registos diários, de um conjunto de 71 estações com distribuição global. Para descrever as características de ruído das séries usaram três modelos estocásticos: o

modelo de ruído branco puro, o modelo de ruído branco combinado com ruído rosa e o modelo de ruído branco combinado com ruído vermelho.

Da análise dos resultados obtidos concluíram que, para qualquer modelo de ruído, as componentes horizontais tem menor amplitude de ruído que a componente Vertical na ordem de um factor entre 2 e 4. Comparando só com o modelo de ruído branco, a amplitude de ruído branco mais ruído rosa é 30% menor e na situação de se considerar ruído branco com ruído vermelho essa redução é de 20%. Confirmaram, à semelhança dos anteriores estudos já referidos, que também uma combinação de ruído branco com ruído rosa é a que melhor caracteriza o ruído nas três componentes de posição e, por isso, preferível ao modelo de ruído branco puro ou modelo de ruído branco combinado com ruído vermelho. Os resultados que obtiveram confirmaram a presença de sinais anuais e semestrais, possivelmente relacionados com o tempo de repetição da constelação GPS e o facto de negligenciar essa componente sazonal conduz a uma sobrestimação das incertezas das velocidades.

Relativamente às incertezas das velocidades obtidas, para os processamentos considerando diferentes modelos de ruído, Amiri-Simkooei *et al.* [2007] demonstraram que a utilização de um modelo estocástico incorrecto pode resultar em precisões muito diferentes das verdadeiras. Considerar apenas o modelo de ruído branco, conduz a resultados demasiado optimistas e empregar a combinação de ruído branco com ruído vermelho origina resultados menos precisos. Comparando as incertezas obtidas, concluíram que se um modelo de ruído branco mais ruído rosa for usado em vez de um modelo de ruído branco puro, as incertezas das velocidades são maiores e podem ser obtidas por factores entre 9 e 16. No caso das incertezas determinadas pela combinação de ruído branco com ruído vermelho, os valores são consideravelmente maiores e os factores variam entre 67 e 185.

Todos os estudos anteriormente referidos apontam a combinação de ruído branco com ruído rosa como o modelo que melhor caracteriza e traduz os dados de séries geodésicas de coordenadas GPS. Para esta combinação, Zhang *et al.* [1997] concluíram que as incertezas foram 3-6 vezes maiores em vez do modelo de ruído branco. Da mesma forma Mao *et al.* [1999] concluíram que as suas incertezas foram subestimadas entre 5 e 11 e no estudo de Amiri-Simkooei *et al.* [2007] concluíram que as incertezas das velocidades também são maiores e podem ser obtidas por factores entre 9 e 16.

No próximo capítulo será exposto a metodologia adoptada para concretizar os objectivos propostos e serão analisados os principais resultados obtidos.

4 Processamento de Dados e Análise de Resultados

Neste capítulo será efectuada uma breve caracterização dos dados processados, serão mencionadas algumas especificidades dos principais *softwares* utilizados, referindo a sua aplicação e as diversas opções de processamento. Será ainda efectuada uma análise detalhada dos resultados obtidos nos diversos processamentos, onde se avalia a importância da componente sazonal e a relevância que a correcção dos efeitos sazonais podem assumir na diminuição da incerteza das velocidades estimadas e na variação das coordenadas ao longo do tempo. Por último, realiza-se a caracterização e análise dos ruídos e das incertezas obtidas para as velocidades das estações, tentando estabelecer possíveis correlações.

4.1 Caracterização dos Dados

Os dados utilizados para a análise e determinação das características de ruído em séries temporais GPS são relativos a 55 estações (Figura 4-1) e estão localizadas na Península Ibérica, Arquipélago dos Açores, Madeira e Baleares. Os períodos de observação e registo semanal variam entre 1998.0 e 2012.0, existindo séries temporais com número de soluções semanais de coordenadas que variam entre 85 e 701.

No Anexo A, Tabela A-1, é apresentado o nome das estações consideradas e a sua localização; na Tabela A-2 são listadas as respectivas coordenadas. Do total de estações, 35 estão edificadas em território nacional (Figura 4-1 e Figura 4-3) e 20 em território espanhol (Figura 4-2). De acordo com a Tabela 4-1, as estações analisadas pertencem a redes de estações GPS distintas, com gestão, manutenção e utilização de equipamentos diferentes. A Tabela A-3 (Anexo A) lista o equipamento que actualmente equipa cada estação considerada neste estudo e a Tabela B-1 (Anexo B), apresenta, para cada uma das estações, o seu período de registo, bem como o número de registos por cada uma dessas séries.

Tabela 4-1 - Número de estações, por diferente rede de posicionamento, utilizadas no estudo das características de ruído.

Rede	Nº de Estações
SERVIR - Sistema de Estações de Referência GPS Virtuais (IGeoE)	22
EUREF - <i>European Terrestrial Reference System</i>	17
IGS/EUREF - <i>International GNSS Service</i>	9
IGP - Instituto Geográfico Português	4
FCUL - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa	2
REPRAA - Rede de Estações Permanentes da Região Autónoma dos Açores	1

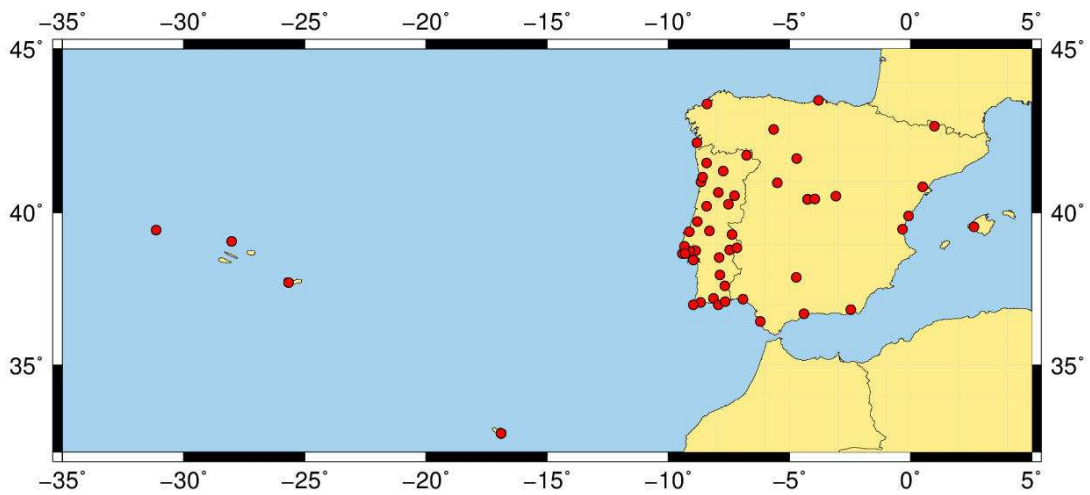


Figura 4-1 - Localização das 55 estações GPS consideradas no estudo.

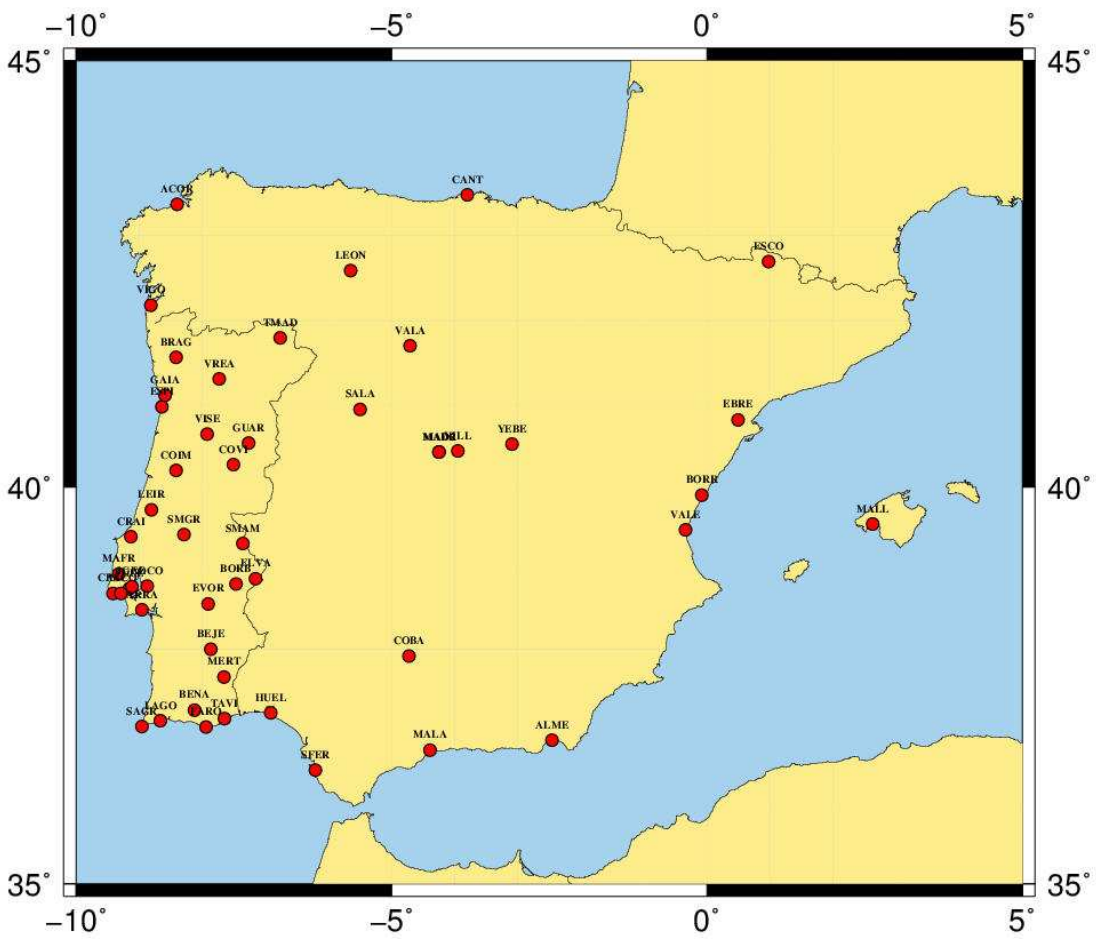


Figura 4-2 - Pormenorização das estações GPS implantadas na Península Ibérica.

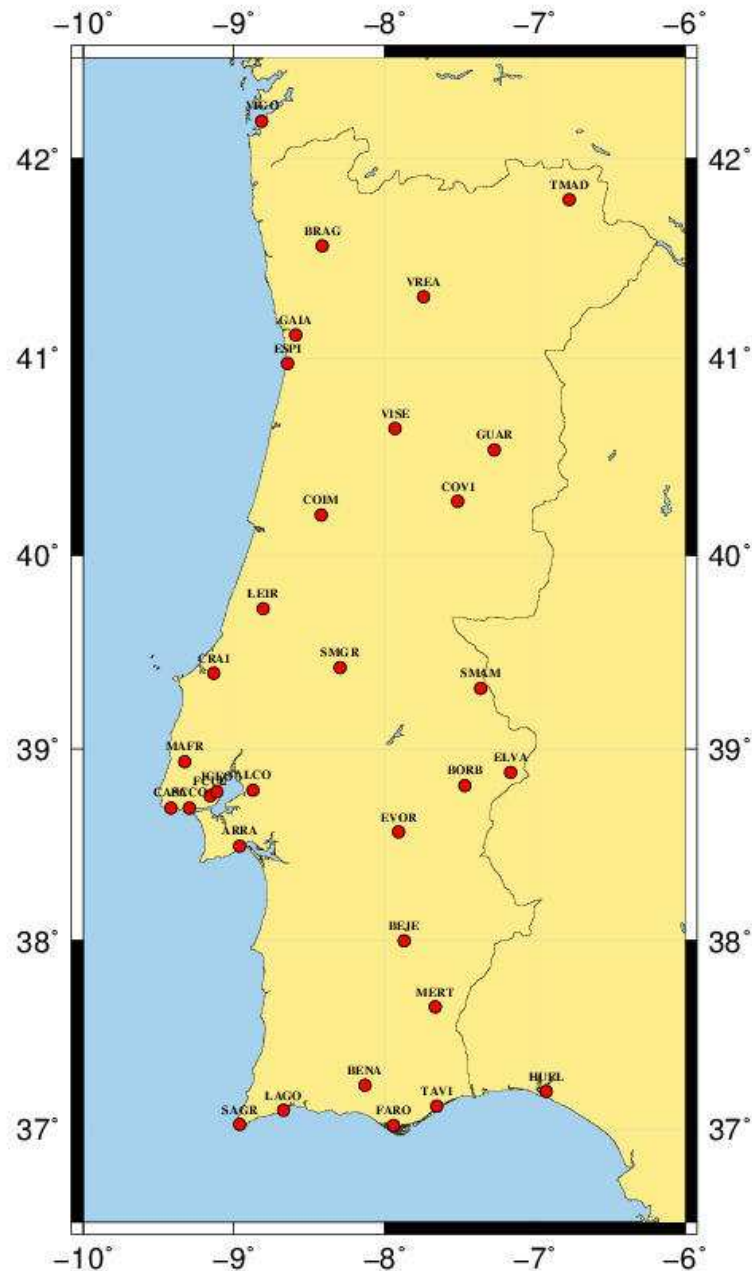


Figura 4-3 - Pormenorização das estações GPS instaladas em Portugal Continental.

Os dados usados para análise das propriedades e do ruído existente nas séries temporais provenientes de soluções semanais de posições GPS das 55 estações, resultaram de um processamento com o GAMIT/GLOBK [Herring *et al.*, 2010a; 2010b]. O ponto de partida desta investigação inicia-se com a cedência desses dados já processados, por parte do Professor Orientador.

4.2 Software

Para efectuar a análise do ruído das séries temporais e das incertezas associadas às velocidades das estações, foi utilizado o *software* CATS (*Create and Analyze Time*

Series). Na determinação das incertezas realistas e apresentação gráfica das séries, com remoção de tendência e descontinuidades, foi empregue o GGMatlab [Herring, 2003]. Para a apresentação dos resultados obtidos sobrepostos em mapas referentes à área em estudo, foi utilizado o GMT (*Generic Mapping Tools*) [Wessel and Smith, 1998]. Nas secções seguintes, ir-se-á descrever mais detalhadamente estes três programas.

4.2.1 CATS – Create and Analyze Time Series

O CATS [Williams, 2005] é um programa autónomo, concebido em linguagem C, desenvolvido para estudar e comparar os processos de ruído estocásticos em séries temporais contínuas (por exemplo, de coordenadas GPS) e atribuir incertezas realistas para os parâmetros derivados.

O programa CATS utiliza o critério dos mínimos quadrados para adequar um modelo de múltiplos parâmetros a uma série temporal, enquanto avalia, em simultâneo, o tipo e a magnitude do ruído estocástico, com base nos resíduos.

O programa resolve todos os parâmetros em simultâneo e divide-se em duas partes, de forma a incrementar a velocidade no cálculo. A parte linear permite incluir *offsets* (descontinuidade ou salto quantitativo do registo durante um período de observação), tendências, efeitos de larga amplitude originados por terremotos ou alterações de equipamentos, efeitos com periodicidades conhecidas e/ou termos sinusoidais (por exemplo, termos anuais e semestrais), enquanto a parte não linear permite estimar os parâmetros e as amplitudes de modelos de ruído específicos. Este *software* disponibiliza os seguintes métodos para avaliar os modelos de ruído:

- Estimação de máxima verosimilhança - MLE;
- Estimação espectral;
- Estimação empírica;

➤ **Estimación de Máxima Verosimilhança**

Para determinar os parâmetros de uma série temporal, o método principal e o mais utilizado pelo CATS é a estimación de máxima verosimilhança (MLE). A MLE é usada em preferência a métodos baseados na potência espectral, principalmente porque permite estimativas simultâneas da função de covariância e dos parâmetros de um modelo temporalmente correlacionado.

Segundo Zhang *et al.* [1997] e Mao *et al.* [1999], a MLE é considerada o método mais preciso e exacto para o cálculo das velocidades e estimativas de erro. Este método

estima o tipo e a amplitude do ruído presente na série temporal e, em simultâneo, estima a velocidade da estação e a sua incerteza.

A técnica MLE tem algumas vantagens no cálculo da potência espectral para estimar o ruído em séries temporais. A principal vantagem é que a MLE pode trabalhar dados com amostragem irregular e grandes conjuntos de dados em falta. Os *offsets*, as alterações nas velocidades e outras variações possíveis nas séries temporais, podem ser avaliados simultaneamente com a estimativa dos parâmetros de ruído [Langbein, 2004].

A MLE tem excelentes propriedades assintóticas, mas é computacionalmente mais intensiva. Para o método MLE, o *software* CATS disponibiliza os seguintes modelos de ruído [Williams, 2005]:

- Ruído branco;
- Ruído lei-potência, que corresponde a fixar o índice espectral, definindo o ruído rosa e o ruído vermelho;
- Ruído de primeira ordem de *Gauss Markov* (FOGM), que é equivalente ao ruído autoregressivo;
- Ruído passa-banda;
- Ruído *Gauss Markov* generalizado;
- Ruído branco variável, utilizando erros formais;
- Ruído branco de passo variável (corresponde a uma mudança na escala de ruído branco entre duas épocas e deve ser combinado com outro modelo de ruído);
- Ruído branco de período variável (corresponde a uma alteração exponencial na escala de ruído branco);

➤ **Estimativa Espectral**

Um método alternativo à MLE consiste na estimação das componentes estocásticas do ruído a partir da potência espectral da série temporal. No CATS, se os dados disponíveis estiverem livre de *offsets* e *outliers*, o poder espectral é criado usando a transformada rápida de *Fourier* (FFT – *Fast Fourier Transform*) [Williams, 2008]. Tal como na MLE, a estimativa espectral é resolvida utilizando rotinas de maximização agrupada juntamente com a abordagem de escala e ângulo. Na maximização, o CATS divide o procedimento em duas partes: uma parte corresponde à maximização interna, que consiste em estimar as amplitudes de ruído para parâmetros do modelo de ruído fixo; a outra parte corresponde à maximização externa, que é utilizada para estimar

outros parâmetros do modelo de ruído. Este processo resulta num número menor de cálculos que envolvam as matrizes de covariâncias e numa maior estabilidade numérica [Williams, 2008].

Comparativamente com a MLE, a estimação espectral é um procedimento computacionalmente mais rápido e menos preciso, com uma limitada disponibilidade de modelos de ruído. A estimativa espectral não estima implicitamente os parâmetros e as incertezas do modelo funcional, simplesmente utiliza os mínimos quadrados para encontrar os resíduos, a partir dos quais a potência espectral é gerada. O espectro de potência é praticamente invariável para pequenas alterações dos resíduos, provocados por mudanças do modelo estocástico de ruído. Se os parâmetros e as incertezas do modelo funcional forem necessários, podem ser estimados usando posteriormente a ponderação dos mínimos quadrados.

➤ **Estimação Empírica**

Este método baseia-se em equações empíricas derivadas por Williams [2003] e é um método com capacidades limitadas, lidando apenas com a combinação do ruído lei-potência mais ruído branco, em que os índices espectrais estão fixos. Este método tem aspectos negativos, semelhantes à estimação espectral, e constitui apenas uma alternativa grosseira para aplicar em situações onde as estimativas para grandes redes são necessárias numa base regular e onde a combinação lei-potência mais ruído branco é o modelo mais adequado [Williams, 2008].

4.2.2 GGMatlab – GAMIT/GLOBK MATLAB

Devido ao carácter não linear e complexo das séries temporais de dados GPS, foram desenvolvidas algumas ferramentas auxiliares para analisar, visualizar e manipular os dados temporais.

O GGMatlab [Herring, 2003] é um conjunto de ferramentas que permite examinar detalhadamente, através da interface gráfica do Matlab (GUI - *Graphic User Interface*), os campos de velocidades e as séries temporais de registos das estações GPS. As suas principais componentes são o *velview*, que permite a visualização e análise dos campos de velocidades e o *tsview*, que permite a visualização, a análise e a manipulação de séries temporais.

Para o desenvolvimento dos estudos desta dissertação, apenas foi utilizado o *tsview* e nesse sentido, somente para esta ferramenta do GGMatlab, serão apresentadas algumas das suas características e especificidades.

O *tsview* apresenta graficamente as 3 componentes de posição de uma série temporal. A componente Norte resulta da multiplicação das latitudes geodésicas pelo semieixo maior do elipsóide WGS84, a componente Este corresponde à distância ao meridiano de Greenwich, medidas ao longo do paralelo correspondente à latitude da estação, e a componente Vertical corresponde à altitude elipsoidal relativamente ao elipsóide WGS84 [Herring, 2003].

O *tsview* possibilita inúmeras opções para manipular as séries temporais, permitindo avaliar a qualidade das séries temporais e gerar ficheiros que podem ser utilizados para aperfeiçoar e certificar o processamento de dados de estações GPS em períodos específicos.

As discontinuidades nos registos contínuos das séries temporais, com origens e razões diversas tais como sismos ou alterações de equipamentos, podem ser assumidas de maneiras diferentes. Por exemplo, é possível, após uma discontinuidade, utilizar uma função exponencial ou logarítmica para representar a evolução do tempo após o intervalo, como acontece num período de relaxamento após um sismo de grande magnitude que ocorra próximo da estação.

Na estimação das velocidades e das suas incertezas, o *tsview* avalia as incertezas das coordenadas das estações GPS e as propriedades estatísticas dos resíduos da série temporal, tendo em consideração um ruído branco ou um ruído colorido. A utilização de um modelo de ruído branco para gerar as estimativas das incertezas das velocidades resulta em valores bastante optimistas. A opção de inclusão de um modelo de ruído temporalmente correlacionado (ruído colorido) gera incertezas das velocidades designadas na terminologia do GGMatlab por *RealSigma* (“sigmas realistas”). Na utilização do *tsview* foram estimados os termos anuais do seno e do cosseno da série temporal e a determinação realista das incertezas associadas.

Ao longo desta dissertação, a designação incerteza realista, está reservada para as incertezas que são determinadas pelo GGMatlab. Este termo não significa que os valores são os mais reais, mas por uma questão de simplificação e conformidade decidiu-se manter a terminologia utilizada pelo *software*. Quando for mencionado incerteza verdadeira, estar-se-á a referir aos valores das incertezas da velocidade, mais próximas da realidade e por isso a sua determinação consiste num objectivo deste trabalho.

4.2.3 GMT – Generic Mapping Tools

O GMT [Wessel and Smith, 1998] é um *software* de código aberto (*software* livre de distribuição gratuita do seu código fonte), de filosofia UNIX (família de sistemas operativos, portáteis, multitarefa e multiutilizador), constituído por várias ferramentas que permitem manipular conjuntos de dados geográficos e também gerar imagens de mapas simples com coordenadas planimétricas, até superfícies iluminadas e visualizações em perspectiva tridimensional (3D). O GMT suporta várias projecções e transformações e possui na sua base de dados informação de linhas costeiras, rios e de fronteiras políticas.

O GMT tem uma utilização generalizada em diversos estudos e devido à sua extrema flexibilidade é um *software* muito utilizado pela comunidade científica, sempre que é necessário apresentar estudos com referenciação geográfica.

O GMT funciona por linha de comandos de forma a maximizar a flexibilidade e pode ser executado a partir de *scripts* (linguagem de programação executada no interior de programas ou outras linguagens) e de programas do utilizador. O GMT reconhece três tipos diferentes de entrada ou ficheiros de entrada, tais como tabelas de dados com número fixo de colunas e número ilimitado de linhas, dados matriciais e tabelas de cores. O GMT permite dados de saída de imagens em *PostScript* (linguagem de programação especializada na visualização de informações e figuras), tabelas de dados, dados matriciais, dados estatísticos e resumos.

4.3 Estratégia de Processamento e Análise de Resultados

Para avaliar o conteúdo de ruído das séries temporais, utilizou-se o CATS, com o recurso ao método da MLE e com a possibilidade de definir em linha de comando o modelo estocástico e o modelo funcional.

Para estudar e comparar os processos de ruído estocásticos nas séries temporais de coordenadas GPS consideradas (e posteriormente determinar as incertezas associadas às velocidades das estações) optou-se por restringir as análises aos seguintes modelos e combinações de modelos de ruído:

- Ruído branco;
- Ruído rosa;
- Ruído vermelho;
- Ruído branco combinado com ruído rosa;
- Ruído branco combinado com ruído vermelho;

- Ruído colorido sem especificação prévia do índice espectral (índices decimais).

Nestes processamentos, para resolver a amplitude e a fase de quaisquer sinais periódicos, foi considerado uma sinusóide anual.

Para completar as possibilidades de análise foi ainda considerado as seguintes variantes do modelo de ruído branco:

- Ruído branco sem sinusóide;
- Ruído branco com sinusóide anual e semestral.

O ficheiro de entrada para o CATS para cada uma das 55 estações implicou a concatenação dos 86 ficheiros de registo de posições GPS inicialmente disponíveis para o desenvolvimento desta investigação. Qualquer descontinuidade na série, provocada pela substituição de equipamento ou por uma outra qualquer razão que tenha ocasionado essa descontinuidade, resultou num novo ficheiro da estação. Neste sentido foi necessário avaliar os registos para cada estação, concatená-los e listar os *offsets* no cabeçalho do ficheiro de entrada da respectiva estação, de modo a que essa descontinuidade possa ser estimada e se possa considerar uma série única.

Na Aplicação do CATS, o ficheiro de entrada para o programa tem um formato de dados dividido em duas partes. A primeira parte corresponde à informação de cabeçalho e engloba uma lista de parâmetros relevantes da estação GPS que originou os dados da série temporal. A informação do cabeçalho e qualquer outra linha de comentário, é sempre precedida pelo símbolo #. A informação mais importante, a especificar no cabeçalho, é a lista de descontinuidades. A segunda parte corresponde aos dados, organizado em 7 colunas, correspondendo, respectivamente, à época, em anos decimais, componentes Norte, Este e Vertical da posição e respectivas incertezas. A Figura 4-4 representa um pequeno extracto de um ficheiro de entrada para o CATS.

```
# Site : vyas
# X : -2483507.1216
# Y : -4672361.9853
# Z : 3549320.5426
# Latitude : 34.030915
# Longitude : -117.992047
# Height : 7.856557
# offset 1999.79178082 7
1998.5736 -0.02370 0.04070 0.00290 0.0009 0.0009 0.0037
1998.5763 -0.02360 0.04190 0.00410 0.0009 0.0009 0.0030
1998.5791 -0.02180 0.04140 0.00650 0.0010 0.0009 0.0038
```

Figura 4-4 - Formato padrão de ficheiro de entrada para programa CATS [Williams, 2005].

As posições são, por omissão, assumidas em metros, podendo ser alteradas nas opções do factor de escala. Para cada descontinuidade é adicionada uma nova linha no cabeçalho, não existindo a necessidade de estarem ordenados cronologicamente nem garantir que estão incluídos na extensão do conjunto de dados da série temporal. O programa irá classificar correctamente as descontinuidades quando efectuar o processamento do ficheiro [Williams, 2005].

Este programa é orientado por linha de comandos, com opções longas e curtas e não necessita de qualquer outro ficheiro para ser executado, excepto o ficheiro da série temporal. As opções de processamento podem ser divididas em três categorias: modelo estocástico, modelo funcional e outros. O modelo estocástico é definido usando a opção de modelo, pode ser usado quantas vezes for necessário na linha de comandos. Nesta opção é ainda possível especificar o valor do índice espectral; se não for especificado, o programa fará a sua determinação. O modelo funcional está previamente definido e inclui a tendência e as descontinuidades presentes no ficheiro das séries temporais. É ainda possível determinar a amplitude e a fase de quaisquer sinais periódicos, utilizando a opção sinusóide, se não for necessário determinar a tendência da série, é possível desactivar essa opção. Nesta dissertação, o processamento incluindo sinusóide, significa que é considerado um termo anual, semestral ou ambos e, nesse sentido, a opção de utilizar uma sinusóide no processamento implica a remoção da componente sazonal presente na série.

Entre as outras opções, as mais importantes são a definição do método de estimação a usar, a possibilidade de gerar mais informação extra e a definição de apresentação dos resultados obtidos.

Durante este estudo, a saída típica da informação processada pelo CATS terá um primeiro bloco (Figura 4-5) com um breve resumo da versão do *software*, do comando emitido, da identificação do ficheiro de saída e do ficheiro de entrada e algumas informações do utilizador e da máquina na qual o programa foi executado.

```
Cats Version : 3.1.2
Cats command : cats_v312_gcc --sinusoid 1y --model pl:k-1 --model wh --columns 7 --verbose --output cats_v312_gcc_ACOR_1PS_w.txt mb_ACOR_1PS_w.out
Data from file : mb_ACOR_1PS_w.out
cats_v312_gcc : running on debian
Linux release 2.6.32-5-amd64 (version #1 SMP Mon Jan 16 16:22:28 UTC 2012) on x86_64
userid : debian
```

Figura 4-5 - Primeiro bloco de informação, do ficheiro de saída do CATS, para série da estação ACOR.

Um segundo bloco (Figura 4-6) fornece o resumo do conjunto de dados utilizados, em que o programa aponta uma frequência de amostragem provável da série temporal, o número de pontos da série e o número de séries a processar.

```

Sampling frequency 1.65218e-06 (Hz), 7.01 days
Number of samples 1 period apart = 132 of 135
Number of points in full series = 146
Number of series to process : 3
Start Time : Thu Jun 28 10:47:45 2012

```

Figura 4-6 - Segundo bloco de informação, do ficheiro de saída do CATS, para série da estação ACOR.

As linhas que contêm os resultados reais são precedidas pelo símbolo +, seguidas por NORT, EAST e VERT, tal como na seguinte figura:

+NORT MLE : -183.680264	+EAST MLE : -176.230963	+VERT MLE : -344.761215
+NORT INTER : 4827301024.1684 +- 0.6659	+EAST INTER : 28455014621.6789 +- 0.5562	+VERT INTER : 66933.7493 +- 2.2827
+NORT SLOPE : 16.7449 +- 0.4680	+EAST SLOPE : 22.7699 +- 0.3869	+VERT SLOPE : -3.0138 +- 1.6233
+NORT SIN : 0.0599 +- 0.3038	+EAST SIN : -0.1902 +- 0.2525	+VERT SIN : -0.2721 +- 1.0521
+NORT COS : -0.4836 +- 0.2992	+EAST COS : -0.0053 +- 0.2529	+VERT COS : -2.9413 +- 1.0344
+NORT POWER LAW NOISE	+EAST POWER LAW NOISE	+VERT POWER LAW NOISE
+NORT INDEX : -1.0000	+EAST INDEX : -1.0000	+VERT INDEX : -1.0000
+NORT PL : 2.3359 +- 0.3853	+EAST PL : 1.9034 +- 0.3340	+VERT PL : 8.1505 +- 1.1397
+NORT WHITE NOISE	+EAST WHITE NOISE	+VERT WHITE NOISE
+NORT WH : 0.2954 +- 0.3216	+EAST WH : 0.4762 +- 0.1544	+VERT WH : 0.1600 +- 5.7494

Figura 4-7 - Resultados reais, do ficheiro de saída do CATS, para série da estação ACOR.

Utilizando o método da estimação de máxima verosimilhança, pretende-se estimar a quantidade de ruído e apreciar as respectivas incertezas das velocidades de deslocamento. Sabendo que as séries temporais incluem uma componente de erro temporalmente correlacionado para além do ruído branco é intenção determinar qual o modelo ou combinação de modelos de ruído que melhor traduz e descreve o ruído presente nas séries GPS em estudo.

Comparando os valores obtidos por diversos modelos, deseja-se analisar a influência da sazonalidade, de período anual e semi-anual, nas amplitudes de ruído e nas incertezas associadas à velocidade da estação GPS.

Quando o índice espectral não é especificado, assume-se que o ruído da série não é simplesmente branco, rosa ou vermelho e a estimativa de um índice espectral decimal, vai minimizar os valores do ruído colorido. Nessa linha de raciocínio, num dos processamentos a efectuar, não será imposto qualquer índice espectral inteiro, conferindo a liberdade necessária para obter valores de índices espectrais que optimizem os processos de estimação e alcancem os menores valores de ruído.

Após analisar as amplitudes de ruído e caracterizar as séries temporais, ir-se-á correlacionar as incertezas das velocidades obtidas para os diferentes processamentos, com especial atenção à correlação do modelo ou combinação de modelos que melhor descreve os ruídos presentes nas séries geodésicas analisadas e as incertezas obtidas considerando apenas ruído branco puro.

A partir das correlações entre as incertezas das velocidades, pretende-se determinar um factor que permite estabelecer um método rápido e simples para calcular uma incerteza verdadeira, quando não se tem disponível o processamento computacional, tempo ou algoritmos para processar o algoritmo completo da MLE ou até mesmo do ajustamento de mínimos quadrados.

4.3.1 Estimação dos Efeitos Sazonais

As séries temporais podem ser representadas em termos de contribuições de fenómenos em escalas de tempo e períodos diferentes, ou seja, uma série temporal corresponde ao somatório das contribuições de sinais com diferentes periodicidades.

Para representar uma série temporal simples como uma função harmónica é necessário escalar os dados, que estão em função do tempo, em medidas angulares e multiplicar a função seno e coseno pela respectiva amplitude. Por outras palavras, a análise harmónica consiste na representação de flutuações ou variações da série temporal resultante da adição de uma série de funções seno e coseno.

Para estudar a sazonalidade de uma série é fundamental efectuar uma análise espectral, de forma a identificar um padrão sazonal. A análise espectral utiliza um conjunto de funções matemáticas, no domínio do tempo através da soma de termos em seno e coseno e tenta ajustá-las à variância observada, tendo em conta a amplitude e o período com que elas se repetem na série.

Séries que apresentem comportamentos periódicos ou quase periódicos podem ser caracterizadas e previstas através de funções trigonométricas. Estes tipos de séries são classificadas como determinísticas, podendo as suas previsões resultarem de funções matemáticas. Já nas séries mais complexas ou aleatórias, a caracterização e previsão ficam limitadas às estimativas de parâmetros estatísticos, apresentando padrões aleatórios ou estocásticos.

Uma onda sinusoidal obedece a uma função seno ou coseno e é a forma de onda mais simples, permitindo construir ou descrever qualquer tipo de onda periódica. A decomposição em seno e coseno permite a análise espectral e fornece as amplitudes e as fases.

A estimação do efeito das componentes sazonais das séries temporais, em que se considerou estar presente um efeito de período anual e semi-anual, foi realizada através de uma função de ajustamento, que permite estimar a contribuição das variações sazonais na variação temporal das componentes de posição. A escolha do

modelo matemático utilizado considerou apenas a presença dos efeitos de natureza cíclica e é representado pela seguinte equação:

$$y(t) = a \times \sin(2\pi t) + b \times \cos(2\pi t) + c \times \sin(4\pi t) + d \times \cos(4\pi t) \quad (4.1)$$

em que a e b representam a amplitude dos efeitos anuais e os coeficientes c e d representam a amplitude dos efeitos semi-anuais.

Com a estimação dos efeitos anuais e semi-anuais são revelados harmônicos residuais e outras particularidades, sendo possível observar determinadas características periódicas de menor potência. Utilizando esta técnica foi possível verificar a presença de efeitos sazonais de período anual e semi-anual, constatando-se que o maior efeito sazonal ocorre na componente Vertical.

A contribuição dos termos sazonais (anual e semi-anual) está graficamente representada nas Figura 4-8 à Figura 4-17. Nesta apresentação gráfica, de forma a simplificar a interpretação, as estações foram agrupadas segundo um critério regional, no território da Península Ibérica, e num agrupamento distinto para todas as estações insulares, para que as amplitudes de sazonalidade sejam, segundo o critério de localização geográfica, o mais semelhante possível.

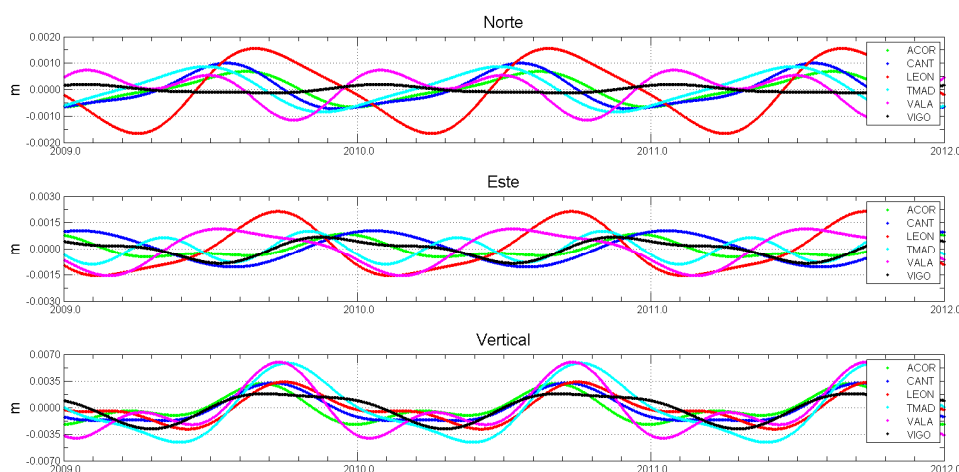


Figura 4-8 – Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Península Ibérica Norte.

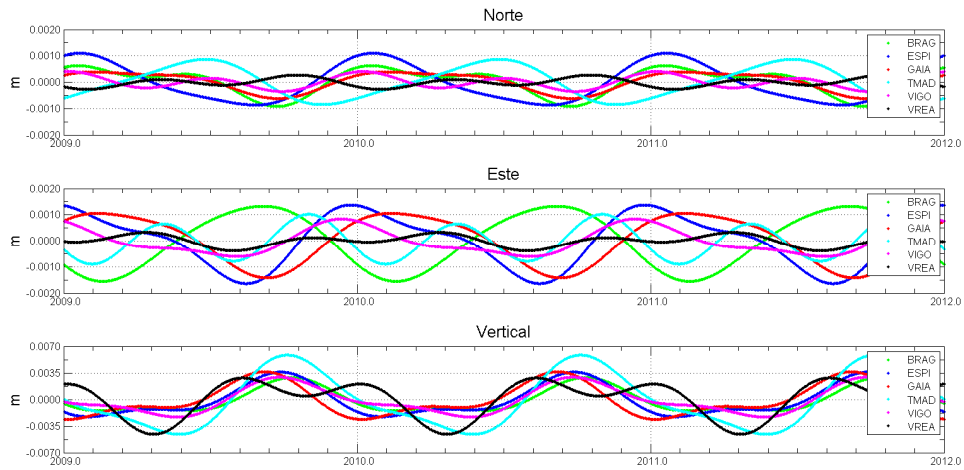


Figura 4-9 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Portugal Norte.

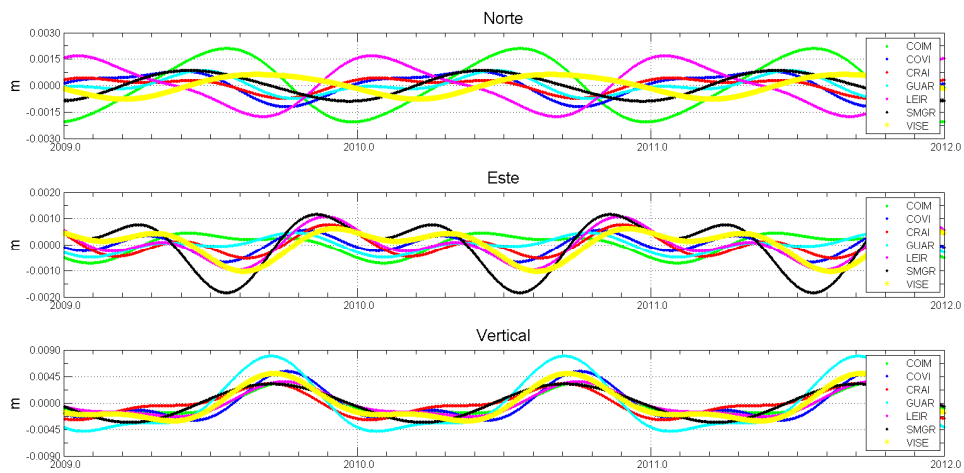


Figura 4-10 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Portugal centro.

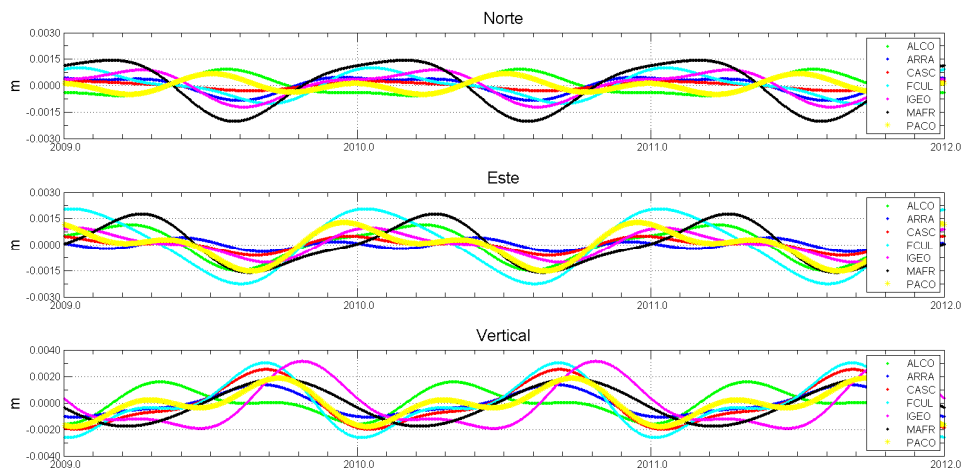


Figura 4-11 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Região Lisboa.

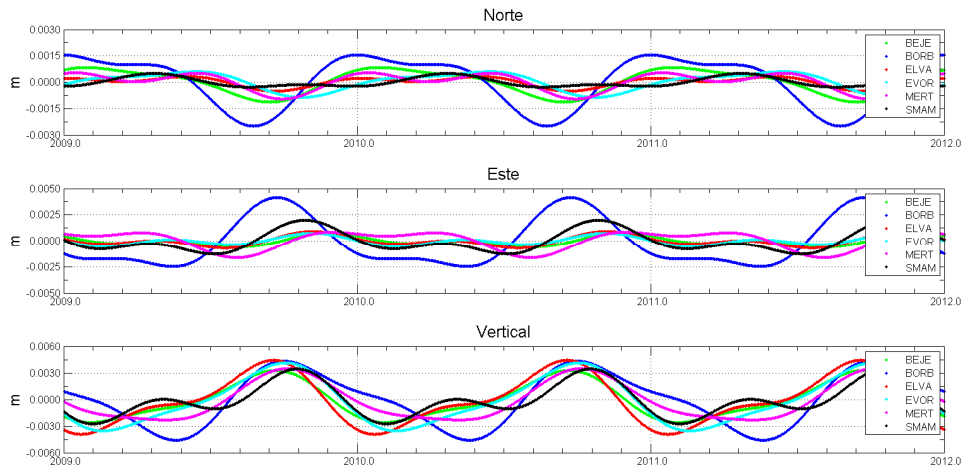


Figura 4-12 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Alentejo.

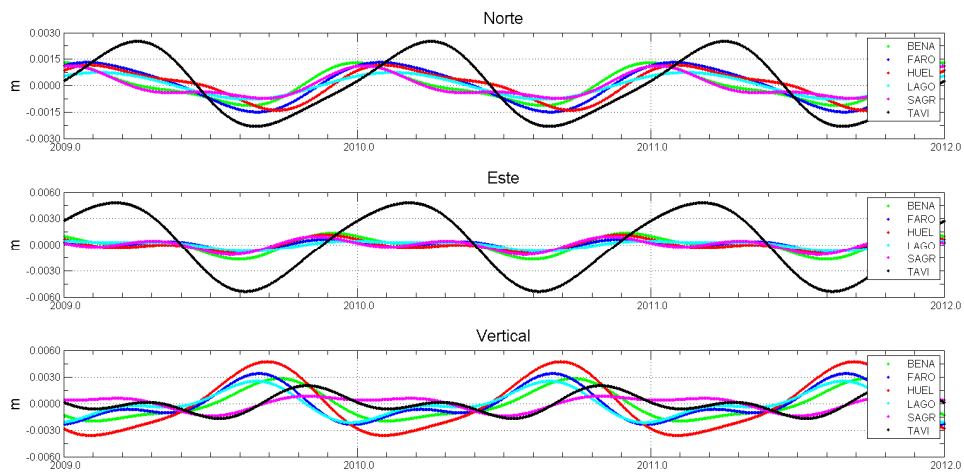


Figura 4-13 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Algarve.

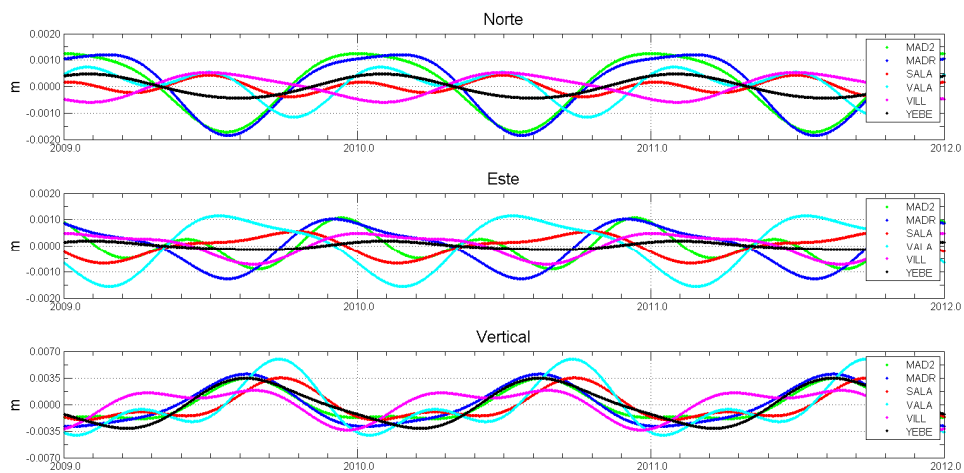


Figura 4-14 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Espanha centro.

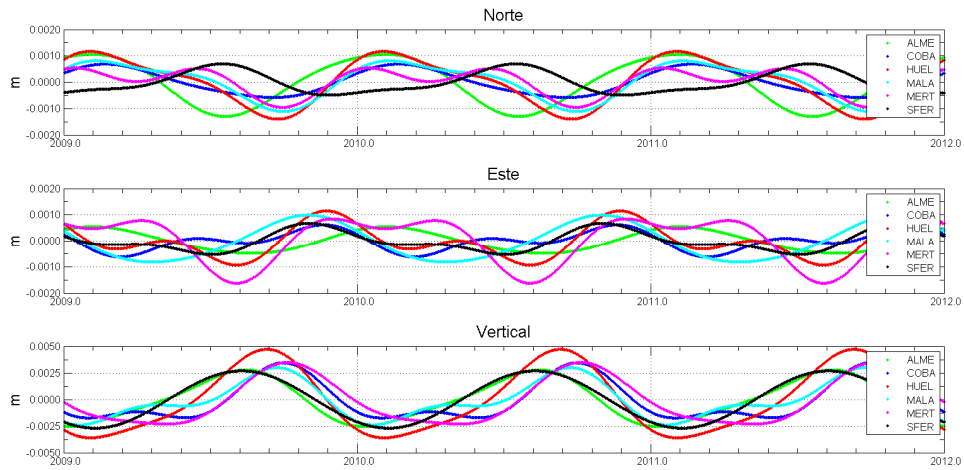


Figura 4-15 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Espanha Sul.

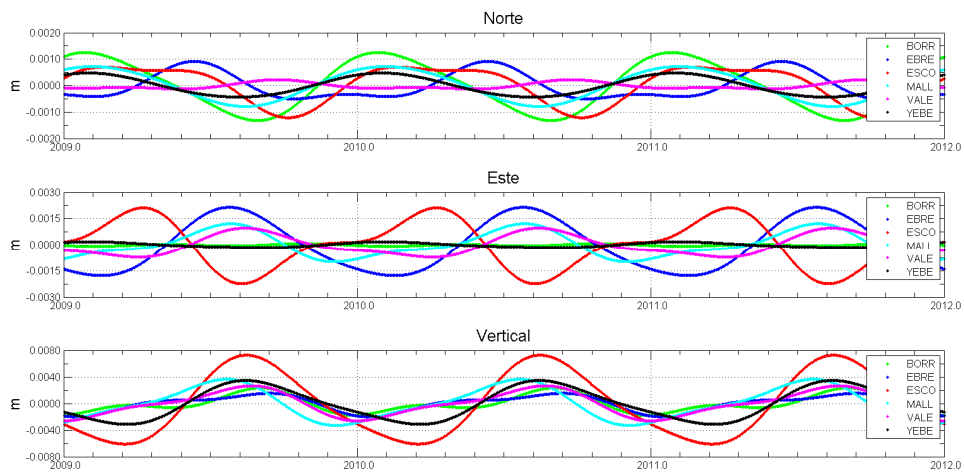


Figura 4-16 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Espanha Sudeste.

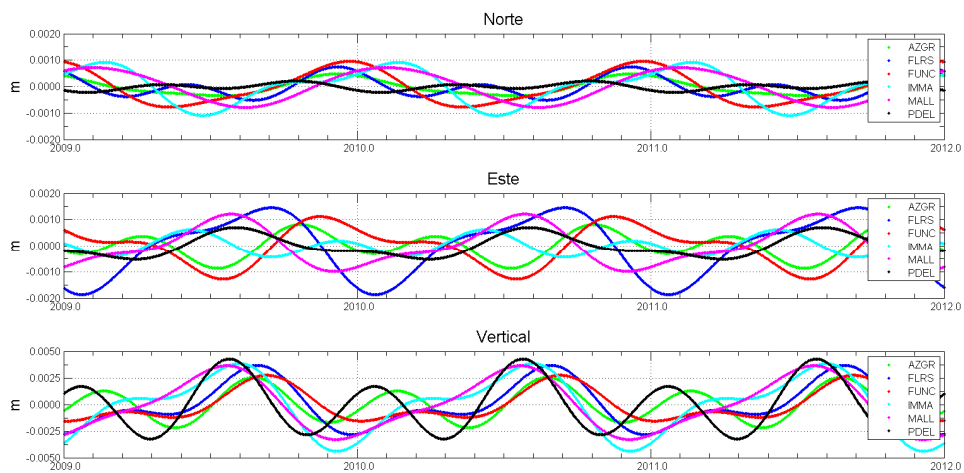


Figura 4-17 - Contribuição da componente de sazonalidade (anual e semi-anual) para as séries – Ilhas.

A sazonalidade presente nas séries sugere que as estações estão sujeitas a diferentes factores de influência, com variação cíclica ou sazonal, relacionados com a orientação, com a monumentação ou envolvimento da estação.

Na Figura 4-18 é apresentado um diagrama que permite facilmente interpretar e sintetizar o contributo máximo que os efeitos sazonais assumem nas séries temporais em estudo. Este gráfico possibilita, de uma forma eficiente, identificar as séries *outliers*, ou seja as estações em que a contribuição dos efeitos sazonais se afasta do padrão das restantes. Cada uma das componentes de posição é representada por um diagrama de caixa com bigodes (*box-and-whiskers*) que dispõe os valores da média (traço verde no interior da caixa), mediana (traço azul no interior da caixa) e dos quartis: 25% ($Q_{0.25}$) e 75% ($Q_{0.75}$), correspondentes ao limite inferior e superior da caixa; 10% ($Q_{0.10}$) e 90% ($Q_{0.90}$), correspondentes aos bigodes. Os *outliers* estão representados individualmente com círculos a cheio. Nesse sentido para a componente Norte a média é de 0.9 mm (mediana=0.8 mm), para a componente Este é 1.1 mm (mediana=1.0 mm) e para a componente Vertical é de 3.4 mm (mediana=3.3 mm). Conclui-se que a contribuição dos efeitos sazonais é mínima para a componente Norte e máxima para a componente Vertical. A influência máxima da sazonalidade anual e semestral varia entre 0.2 e 2.5 mm, para a componente Norte, 0.1 e 4.8 mm para a componente Este e 0.8 a 8.0 mm para a componente Vertical. As estações que apresentam maior contribuição dos efeitos sazonais são: 1) para a componente Norte, com valores superiores a $Q_{0.90}$ (1.5 mm), e por ordem crescente, as estações de BORB, LEON, LEIR, COIM e TAVI; 2) para a componente Este, com valores superiores a $Q_{0.90}$ (2.1 mm), as estações de EBRE, ESCO, FCUL, LEON, BORB e TAVI; 3) para a componente Vertical, com valores superiores a $Q_{0.90}$ (5.2 mm), aparecem as estações de COVI, TMAD, VALA, ESCO e GUAR. Analisando agora os *outliers* mínimos, em que o contributo máximo dos efeitos sazonais é inferior a $Q_{0.90}$, tem-se: para a componente Norte, as estações de VIGO, SALA, GAIA, CRAI, VREA, ELVA, CASC, VALE e PDEL; para a componente Este, as estações de VILL, GUAR, COIM, CASC, LAGO, ARRA, VREA, YEBE, BORR; para a componente Vertical, as estações de VILL, PACO, MAFR, ALCO, EBRE, ARRA e SAGR.

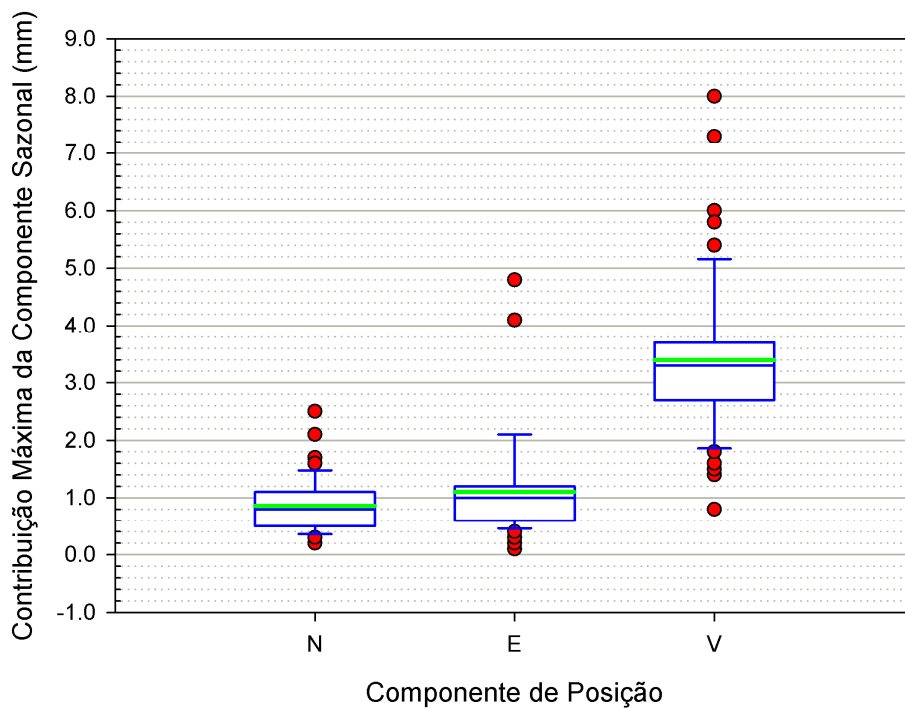


Figura 4-18 - Contribuição máxima dos efeitos sazonais (mm).

4.3.2 Caracterização e Análise dos Ruídos

Como foi anteriormente referido, existem algumas vantagens em assumir um tipo específico de modelo de ruído para todas as séries, pois facilita:

- A comparação das características de ruído para todo o conjunto de dados;
- A análise das fontes de erro, uma vez que é assumido que todas as estações sofrem ruídos com a mesma fonte;
- O desempenho computacional durante o processamento.

Apesar disso, o índice espectral também deve ser calculado de forma a completar as conclusões e a fornecer indícios sobre fenómenos que possam afectar as séries temporais.

Para avaliar as características e as amplitudes dos ruídos presentes nas séries temporais em estudo, utilizaram-se quatro modelos simples, que estimam o ruído branco, o ruído rosa, o ruído vermelho e o ruído colorido com índices decimais. No processamento dos dados, utilizando estes distintos modelos estocásticos, considerou-se um termo anual para a estimação do ruído. O índice espectral para o ruído branco é 0, para o ruído rosa é igual a -1, para o ruído vermelho é -2. Para o ruído colorido com índices decimais, não foi especificado qualquer índice espectral; neste caso, o CATS determina esse parâmetro, geralmente um valor não inteiro, para

cada componente da série temporal, de forma a melhor estimar a amplitude de ruído presente nos dados.

Os valores obtidos para os ruídos, nos diversos processamentos, encontram-se integralmente tabelados na Tabela D-2 (Anexo D), mas para facilitar uma análise mais simples e intuitiva serão apresentadas diversas imagens com os resultados, estabelecendo uma associação imediata entre os valores e a localização geográfica da respectiva estação. Será ainda apresentado, para cada componente, uma tabela resumo dos dez valores máximos e mínimos de forma a complementar a análise. As sequências das imagens serão organizadas por processamento e por componentes.

4.3.2.1 Análise do Ruído Branco

As variações anuais e semestrais devem ser eliminadas de forma a obter uma avaliação mais verdadeira do comportamento do ruído. Para resolver a amplitude e a fase de sinais periódicos e melhor compreender as alterações e as influências que ocorrem nas precisões do ruído branco, foram testadas diferentes opções no processamento das séries temporais. Neste sentido, ir-se-á analisar e comparar os valores obtidos para o ruído branco em três processamentos que diferem entre si no aspecto de considerar o termo anual e o termo semestral. Neste estudo do comportamento do ruído branco, foi gerado um processamento simples dos dados das séries temporais, um outro considerando um termo anual e por último, um processamento considerando um termo anual e um termo semestral. Os valores obtidos para os três processamentos encontram-se na Tabela D-3 (Anexo D).

Será também efectuada uma análise ao ruído branco presente nas séries temporais quando os dados são processados considerando a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa ou ruído branco com ruído vermelho. Os valores obtidos para este processamento são apresentados na Tabela D-2 (Anexo D).

Da análise da Figura 4-19 e Figura 4-20, das tabelas em anexo já mencionadas e dos dados resumidos na Tabela 4-2 pode-se comprovar que, para a componente Norte, MALL é a estação que destacadamente apresenta maior amplitude de ruído branco. VREA é a estação que, para todos os modelos de ruído, apresenta grandes amplitudes de ruído branco. IMMA, SFER, VALE, MAD2, MADR, IGEO e ESPI são as estações que consistentemente possuem valores elevados de ruído branco. SALA, SMGR, TMAD, MERT, VALA, ELVA, GUAR, ALCO, EVOR, YEBE, SMAM e CASC são estações que apresentam pequenas amplitudes de ruído branco.

Analisando a Tabela A-3 (Anexo A), pode-se concluir que não existe correlação entre a amplitude de ruído branco e o tipo de receptor ou tipo de antena, nem mesmo relativamente à localização geográfica. Todas as estações referidas anteriormente apresentam uma grande variedade de equipamentos e tipos de antenas e mesmo que usualmente o ruído branco seja dependente da qualidade da antena, não é possível, neste estudo, associar a sua amplitude a um determinado equipamento. A análise da Tabela A-4 (Anexo A) não permite estabelecer uma dependência entre a amplitude de ruído e um determinado tipo de monumentação, nem estabelecer uma relação com o número de alterações ou mudanças de equipamento a que cada estação esteve sujeita durante o período de estudo. A causa mais provável poderá estar associada à existência de multitrajecto, provocado pela presença de superfícies reflectoras na proximidade das antenas, sendo esta uma hipótese possível, que é sugerida para outras estações, em estudos com objectivos semelhantes.

Tabela 4-2 - Valores mínimos e máximos de ruído branco para a componente Norte, obtidos nos processamentos em que é considerado apenas ruído branco e para as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).

Componente Norte	Ruido Branco						Combinação com Ruído Branco			
	ID Est.	Sem sinusóide	ID Est.	Sinusóide anual	ID Est.	Sinusóide anual e semestral	ID Est.	RB + RR (anual)	ID Est.	RB + RV (anual)
Valores Mínimos (mm)	SALA	0.72	SALA	0.71	MERT	0.64	ACOR	0.00	VALA	0.46
	MERT	0.79	SMGR	0.71	VALA	0.64	COBA	0.00	SALA	0.49
	ELVA	0.79	TMAD	0.72	SALA	0.68	GAIA	0.00	MERT	0.49
	VALA	0.85	MERT	0.72	SMGR	0.70	HUEL	0.00	LEON	0.51
	GUAR	0.86	VALA	0.75	TMAD	0.71	LAGO	0.00	HUEL	0.52
	PACO	0.87	ELVA	0.77	GUAR	0.73	MADR	0.00	COBA	0.53
	YEBE	0.88	GUAR	0.77	ELVA	0.75	MAFR	0.00	VILL	0.53
	SMAM	0.89	ALCO	0.79	ALCO	0.76	TAVI	0.00	YEBE	0.54
	CASC	0.90	EVOR	0.79	EVOR	0.77	VALE	0.00	ALCO	0.54
	EVOR	0.91	YEBE	0.83	BORB	0.77	IMMA	0.00	TAVI	0.55
Valores Máximos (mm)	VALE	1.71	EBRE	1.40	EBRE	1.39	ESPI	0.60	MADR	0.87
	MAFR	1.71	ESPI	1.46	ESPI	1.45	COIM	0.63	MAD2	0.88
	IGEO	1.73	IGEO	1.61	IGEO	1.59	CASC	0.63	ESPI	0.90
	SFER	1.83	MADR	1.62	MADR	1.60	AZGR	0.64	IGEO	0.92
	TAVI	1.91	MAD2	1.69	MAD2	1.68	COVI	0.68	IMMA	0.92
	MADR	1.94	VALE	1.70	VALE	1.70	TMAD	0.72	AZGR	1.02
	MAD2	1.98	SFER	1.79	SFER	1.78	PDEL	0.86	FLRS	1.23
	IMMA	2.29	IMMA	2.22	IMMA	2.20	ARRA	1.07	PDEL	1.26
	VREA	2.58	VREA	2.58	VREA	2.57	FLRS	1.12	ARRA	1.38
	MALL	3.73	MALL	3.69	MALL	3.69	VREA	1.48	VREA	1.93

De acordo com a Tabela B-1 (Anexo B), salienta-se que as estações de SFER, MADR, MALL, MAD2, VALE e IMMA são estações com um maior número de registos e que SFER, MAD2, MADR, IMMA, MALL e VALE são as estações com o registo inicial mais antigo. Neste sentido, poder-se-á inferir que séries temporais mais longas conduzem a amplitudes de ruído mais elevadas. Isto pode ser justificado pelo facto de as séries mais longas serem as séries com registos mais antigos, sujeitos a menores precisões,

devido a maiores limitações tecnológicas ao nível do *hardware* das estações (receptores e antenas) e a uma constelação de satélites menos favorável (número de satélites). Naturalmente, estações mais recentes usufruem de maiores precisões devido à modernização do GPS, à inovação tecnológica nos equipamentos e à consequente disponibilização de melhores observações GPS.

Quando no processamento das séries temporais é considerado uma combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa ou com ruído vermelho as estações que apresentam elevados valores de ruído branco são VREA, FLRS, ARRA, PDEL, AZGR e ESPI. Na combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa, algumas estações não apresentam ruído branco e todo o ruído da série é assumido como ruído rosa, neste caso, destaca-se as séries de IMMA, MAD2, MADR e VALE que, nos vários processamentos, apresentam valores elevados de ruído branco e que, perante esta combinação de modelos, exibem somente ruído rosa. Sabe-se, pelas características anteriormente já mencionadas, que o ruído branco está sempre presente nas séries temporais, mas a justificação para estes valores nulos, deve-se às séries serem demasiado curtas. Neste sentido, mesmo existindo ruído branco nos dados, a extensão das séries não possibilita a diferenciação das duas fontes de ruído, surgindo apenas o ruído colorido que é dominante sobre o ruído branco.

A estação de TMAD, apresenta pequenos valores de ruído branco, mas quando considerado a combinação de modelos, verifica-se que todo o ruído da série é branco.

Analisando a Tabela D-5 do Anexo D, é possível quantificar o benefício obtido na redução da amplitude de ruído branco, quando é considerado no modelo estocástico de processamento, um termo anual e um termo semestral. A consideração de um termo anual no processamento das séries reduz, em média, o ruído branco em ~13% relativamente ao ruído branco determinado num processamento onde não é considerado nenhum termo sazonal. No caso de ser considerado em simultâneo um termo anual e um termo semestral a redução média é na ordem dos ~15%.

De acordo com a Tabela 4-3, as estações que conhecem uma maior redução da amplitude de ruído branco são TAVI, COIM, BORB, LEON, LEIR, FARO, BORR, MAFR, HUEL, e SMGR que, naturalmente, são as estações em que a componente sazonal tem maior contribuição. Observando da Figura 4-8 à Figura 4-17, pode-se confirmar que estas estações apresentam sinusóides com maior amplitude e, por isso, com maior efeito sazonal. Em oposição, AZGR, SFER, CASC, FLRS, SALA, MALL, VIGO, VALE, PDEL, VREA, CASC e GAIA são estações que sofrem poucos efeitos sazonais.

Considerando a combinação de modelos estocásticos, a redução média da amplitude de ruído branco é o dobro para a combinação ruído branco com ruído rosa em relação à combinação ruído branco com ruído vermelho, o que indica que as séries têm mais ruído rosa do que ruído vermelho.

Na Tabela 4-3, a coluna referente à redução percentual de ruído branco usando a combinação ruído branco com ruído rosa indica que as séries das estações MALL, ACOR, COBA, GAIA, HUEL, LAGO, MADR, MAFR, TAVI, e VALE podem ser inteiramente caracterizadas por ruído rosa.

Tabela 4-3 - Valores mínimos e máximos de redução percentual para a componente Norte do ruído branco, tomando como padrão o ruído branco sem sinusóide.

Componente Norte	Redução de Amplitude de Ruído Branco							
	ID Est.	Sinusóide anual	ID Est.	Sinusóide anual e semestral	ID Est.	RB + RR (anual)	ID Est.	RB + RV (anual)
Valores Mínimos (%)	VREA	0.05	VALE	0.23	TMAD	0.00	ARRA	0.00
	PDEL	0.15	VREA	0.46	FLRS	15.47	PDEL	0.00
	VALE	0.19	MALL	1.02	ARRA	22.23	TMAD	0.00
	VIGO	0.54	PDEL	1.45	CASC	28.17	FLRS	7.53
	MALL	1.01	CASC	2.11	SMGR	29.77	CASC	10.33
	SALA	1.08	SFER	2.28	SMAM	30.85	COIM	10.53
	FLRS	1.96	AZGR	2.37	PDEL	31.51	SMAM	10.80
	CASC	2.02	VIGO	2.44	COIM	31.53	SMGR	11.83
	SFER	2.12	GAIA	3.20	COVI	33.11	COVI	16.14
	AZGR	2.23	IMMA	3.90	GUAR	36.89	GUAR	19.43
Valores Máximos (%)	SMGR	24.70	SMGR	25.85	MALL	99.99	TAVI	45.95
	HUEL	26.30	HUEL	29.87	ACOR	100.00	MADR	46.37
	MAFR	27.04	MAFR	30.01	COBA	100.00	MAD2	47.72
	BORR	29.57	BORR	30.59	GAIA	100.00	WISE	49.13
	FARO	32.35	FARO	33.37	HUEL	100.00	MALA	51.59
	LEIR	35.21	LEON	39.00	LAGO	100.00	GAIA	54.30
	LEON	37.12	LEIR	39.15	MADR	100.00	IMMA	58.30
	BORB	41.54	COIM	47.04	MAFR	100.00	SFER	60.20
	COIM	46.00	TAVI	49.09	TAVI	100.00	VALE	63.57
	TAVI	46.51	BORB	50.88	VALE	100.00	MALL	82.99

Para a série de TMAD, quando utilizada a combinação de ruído branco com ruído rosa ou com ruído vermelho, não apresenta nem ruído rosa nem ruído vermelho; para as séries de ARRA e PDEL, quando usada a combinação ruído branco com ruído vermelho, não tem ruído vermelho, sendo neste sentido, o ruído destas séries assumido como unicamente branco. Destaca-se que as três séries referidas anteriormente apresentam ruído rosa e vermelho, quando analisadas segundo os modelos simples de ruído rosa e ruído vermelho.

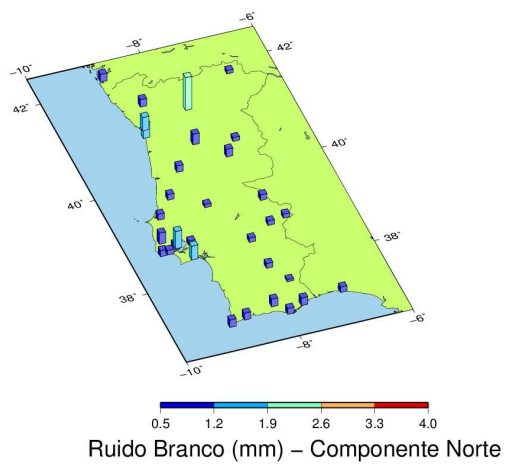
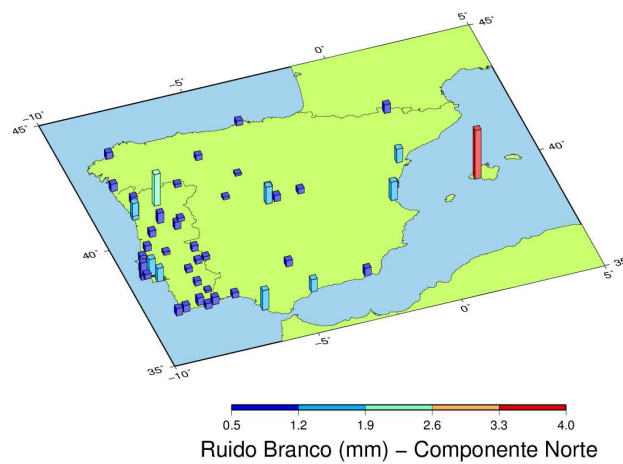
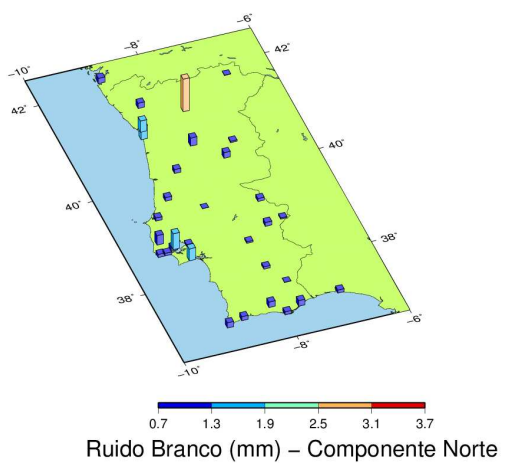
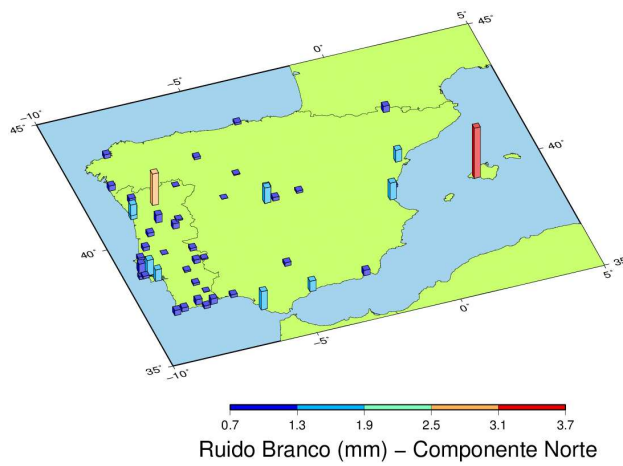
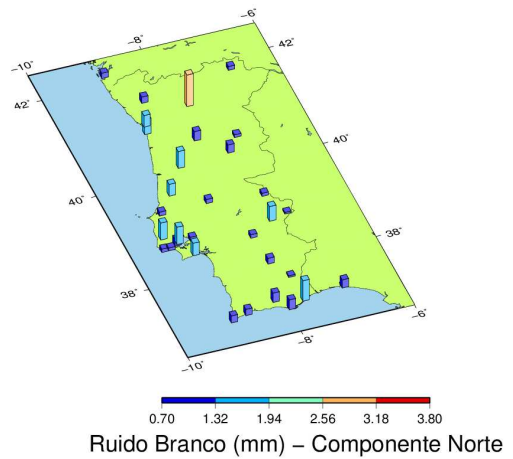
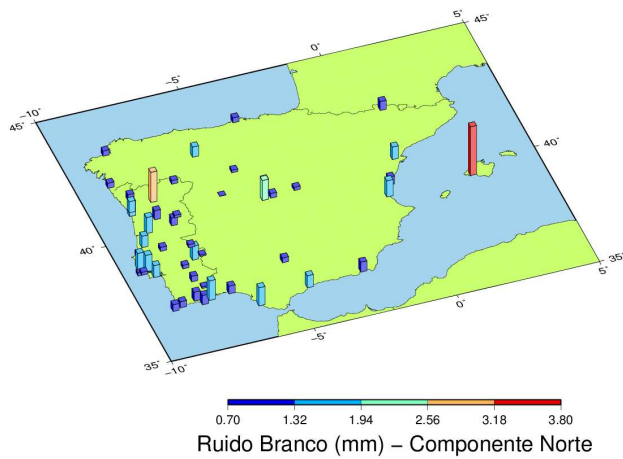


Figura 4-19 - Ruído branco obtido para a componente Norte, a partir de processamento sem sinusóide (superior), considerando sinusóide anual (meio) e sinusóide anual e semestral (inferior).

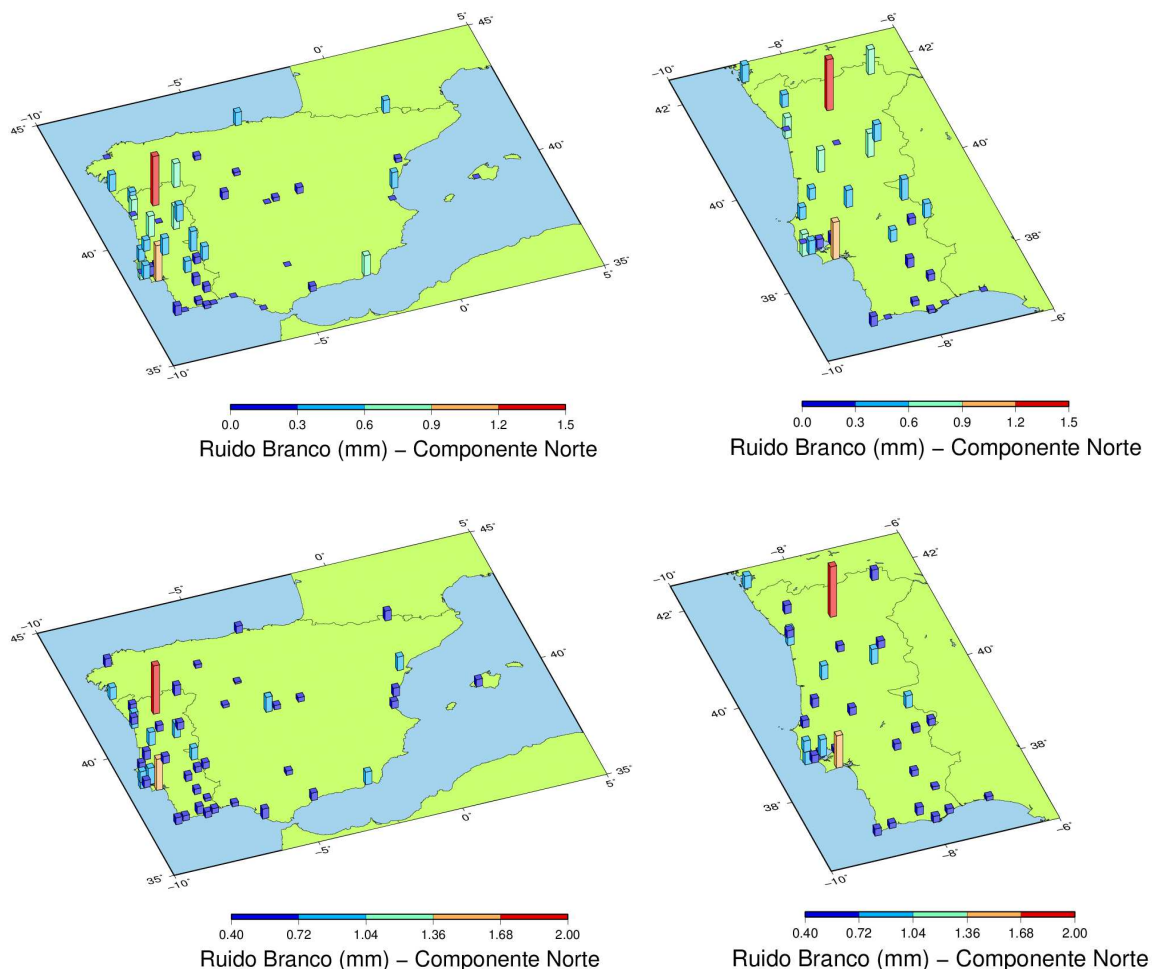


Figura 4-20 - Ruído branco obtido para a componente Norte, através de processamento considerando a combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (superior) e a combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).

De forma semelhante à componente Norte, ir-se-á agora analisar a componente Este, usando os dados resultantes dos mesmos processamentos gerados a partir dos mesmos modelos de ruído. Na Figura 4-21 e Figura 4-22, serão apresentados visualmente os resultados obtidos, que se encontram integralmente tabelados nas Tabela D-2 e Tabela D-3 (Anexo D).

Ainda para melhor direccionar a análise das séries temporais que se destacam do conjunto de dados estudados, a Tabela 4-4 apresenta as dez estações com maior e menor ruído branco para cada um dos modelos de ruído utilizados, neste sentido a série que apresenta maior ruído branco e se destaca das restantes é MAD2 e as estações de MALL, FLRS, SFER, VREA, IGEO, IMMA, MALA, TAVI, BORB são as restantes estações que apresentam amplitudes mais elevadas de ruído branco. YEBE, VALA, VIGO, BEJE, ELVA, GUAR, MERT, EVOR, SALA, COBA, SMGR e SAGR são estações com as menores amplitudes de ruído branco.

Tabela 4-4 - Valores mínimos e máximos de ruído branco para a componente Este, obtidos nos processamentos em que é considerado apenas ruído branco e para as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).

Componente Este	Ruído Branco						Combinação com Ruído Branco			
	ID Est.	Sem sinusóide	ID Est.	Sinusóide anual	ID Est.	Sinusóide anual e semestral	ID Est.	RB + RR (anual)	ID Est.	RB + RV (anual)
Valores Mínimos (mm)	COBA	0.77	COBA	0.72	MERT	0.66	BORB	0.00	BORB	0.35
	EVOR	0.81	SALA	0.76	COBA	0.69	COIM	0.00	LEON	0.40
	GUAR	0.81	EVOR	0.77	EVOR	0.71	CRAI	0.00	SAGR	0.43
	SALA	0.83	MERT	0.78	SALA	0.74	ESCO	0.00	ESCO	0.47
	YEBE	0.87	GUAR	0.78	GUAR	0.76	FARO	0.00	ALCO	0.47
	BEJE	0.90	ELVA	0.84	ELVA	0.78	FUNC	0.00	SALA	0.48
	ELVA	0.91	BEJE	0.84	BEJE	0.79	GAIA	0.00	MERT	0.49
	VIGO	0.96	VIGO	0.85	SMGR	0.81	HUEL	0.00	BORR	0.50
	SAGR	1.02	VALA	0.86	VALA	0.82	IMMA	0.00	COBA	0.50
CRAI	1.03	YEBE	0.86	PACO	0.82	LAGO	0.00	VALE	0.51	
Valores Máximos (mm)	IMMA	1.97	BORB	1.67	MADR	1.62	AZGR	0.44	FCUL	0.81
	IGEO	2.05	TAVI	1.79	TAVI	1.77	VIGO	0.46	BRAG	0.82
	MALA	2.06	MALA	1.95	IMMA	1.94	BRAG	0.47	IGEO	0.83
	VREA	2.38	IMMA	1.96	MALA	1.95	ALME	0.57	IMMA	0.92
	SFER	2.46	IGEO	1.97	IGEO	1.96	GUAR	0.60	COVI	0.95
	MALL	2.66	VREA	2.38	VREA	2.37	PDEL	0.65	PDEL	0.95
	BORB	2.71	SFER	2.44	SFER	2.44	EBRE	0.71	AZGR	0.98
	FLRS	2.74	FLRS	2.55	FLRS	2.53	COVI	0.76	EBRE	1.01
	TAVI	3.93	MALL	2.58	MALL	2.57	VREA	1.36	VREA	1.69
MAD2	4.02	MAD2	4.01	MAD2	3.98	FLRS	2.30	FLRS	2.49	

Da Tabela B-1 (Anexo B) observa-se que SFER, MAD2, MADR, IMMA, MALL e MALA são as estações, de entre as que apresentam maior ruído branco para a componente Este, que têm o registo inicial mais antigo e SFER, MADR, MALL, MAD2, IMMA e MALA são as estações com maior número de registos. Isto indica, como anteriormente referido, estações com início de registo de dados mais antigos apresentam maior ruído branco.

Uma vez mais, analisando a Tabela A-3 (Anexo A) conclui-se que não existe correlação entre a amplitude de ruído branco e o tipo de receptor ou o tipo de antena ou a sua localização geográfica.

Quando as séries são processadas usando a combinação de ruído branco com ruído rosa ou ruído branco com ruído vermelho, existe, de uma forma geral, uma redução nas amplitudes de ruído branco. Na combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa, estações como LAGO, IMMA, HUEL, GAIA, FUNC, FARO, ESCO, CRAI, COIM e BORB não apresentam ruído branco o que indica que todo o ruído existente, nestes casos, é assumido como ruído rosa. A série de BORB apresenta valores elevados de ruído quando é considerado simplesmente o modelo estocástico de ruído branco; no entanto, quando é usada a combinação de ruído branco com ruído vermelho, é a série que menor amplitude de ruído branco apresenta e analisando a

Tabela 4-17, confirma-se que é a estação que apresenta a segunda maior amplitude de ruído vermelho para a combinação destes dois modelos.

Analisando a Tabela D-5 (Anexo D), comprova-se que, para o ruído branco, quando se introduz um termo anual existe uma melhoria percentual na amplitude de ruído de ~12% e que, quando se considera em simultâneo no mesmo modelo estocástico um termo anual e um termo semestral, se obtém uma redução de ~15%. Estas percentagens são ligeiramente inferiores às verificadas para a componente Norte, mas são também ligeiramente superiores às verificadas para a componente Vertical. Da Tabela 4-5, onde se apresenta uma ordenação das maiores e menores percentagens de redução de ruído branco, evidencia-se que TAVI, FCUL, BORB, LEON, EBRE, ESCO, MERT, VALA e ESPI são as séries com maiores reduções de ruído branco, quando se inclui um termo anual e um termo semestral. BRAG está entre as séries com maior redução de ruído branco quando considerado somente o termo anual. Por outro lado, PACO e SMGR estão entre as maiores reduções no caso de se considerar em simultâneo o termo anual e semestral. Analisando da Figura 4-8 à Figura 4-17, é possível confirmar que as estações anteriormente referidas são as que apresentam sinusóides com maiores amplitudes e comportamentos mais complexos para a componente Este. Neste sentido é correcto afirmar que estas estações são as que estão sob maior influência das acções sazonais anuais e/ou semestrais.

Tabela 4-5 - Valores mínimos e máximos de redução percentual para a componente Este do ruído branco, tomando como padrão o ruído branco sem sinusóide.

Componente Este	Redução de Amplitude de Ruído Branco							
	ID Est.	Sinusóide anual	ID Est.	Sinusóide anual e semestral	ID Est.	RB + RR (anual)	ID Est.	RB + RV (anual)
Valores Mínimos (%)	BORR	0.02	BORR	0.12	FLRS	9.73	GUAR	0.00
	VREA	0.23	VREA	0.73	GUAR	23.77	FLRS	2.57
	MAD2	0.31	MAD2	0.98	COVI	32.16	COVI	15.04
	IMMA	0.32	SFER	1.09	VREA	42.65	VIGO	18.62
	ARRA	0.57	YEBE	1.13	VIGO	46.28	BRAG	20.17
	YEBE	0.90	IMMA	1.37	EBRE	47.22	FCUL	23.83
	SFER	0.93	ARRA	2.59	PDEL	49.74	EBRE	24.67
	TMAD	1.26	CASC	2.73	ALME	51.21	ARRA	25.56
	COVI	1.39	LAGO	3.30	BRAG	53.87	PDEL	26.68
	AZGR	1.85	MALL	3.54	TMAD	56.84	BEJE	26.70
Valores Máximos (%)	ESPI	24.59	VALA	29.44	LEIR	100.00	LEON	60.92
	VALA	26.06	PACO	30.02	LEON	100.00	ESCO	63.60
	MERT	27.47	EBRE	30.51	MAD2	100.00	LAGO	64.02
	ESCO	27.76	SMGR	31.87	MALA	100.00	MALA	66.81
	BRAG	28.33	ESCO	35.73	MALL	100.00	TAVI	68.32
	EBRE	29.81	MERT	37.99	SAGR	100.00	ALCO	70.57
	LEON	35.57	LEON	38.73	SALA	100.00	MALL	71.78
	BORB	38.30	FCUL	42.63	TAVI	100.00	SFER	73.43
	FCUL	41.53	BORB	46.38	VALE	100.00	BORB	79.12
	TAVI	54.29	TAVI	54.82	WISE	100.00	MAD2	84.67

As estações que menos estão sujeitas à sazonalidade são BORR, VREA, MAD2, IMMA, YEBE e SFER. As séries de TMAD, COVI e AZGR são menos susceptíveis à sazonalidade anual e CASC, LAGO e MALL menos sensíveis à sazonalidade anual e semestral. De igual modo, a análise das sinusóides revela que estas séries apresentam menor amplitude, o que indica também menor influência a efeitos sazonais e, conseqüentemente, a ponderação de um termo anual ou semestral não traduz uma melhoria tão significativa.

Considerando a combinação de ruído branco com ruído rosa existe uma série de estações que apresentam uma percentagem de redução de ruído branco na ordem dos 100% o que indica que todo o ruído existente na série é assumido como ruído rosa.

Na combinação de ruído branco com ruído rosa e ruído branco com ruído vermelho as séries FLRS, GUAR, COVI, VREA,VIGO, EBRE, PDEL, ALME, BRAG, TMAD, FCUL e BEJE são a que apresentam menores percentagens de redução de ruído branco, indicando que estas séries têm maior influência de ruído branco. Contudo, a combinação de ruído branco com ruído rosa consegue diminuir, em mais de metade, a amplitude de ruído branco na grande maioria das séries em estudo. O valor médio dessa redução é de ~85%, superior quase em dobro aos ~43% que se consegue com a combinação ruído branco com ruído vermelho. Neste sentido, usar a combinação de ruído branco com ruído rosa é a melhor opção para obter menores amplitudes de ruído.

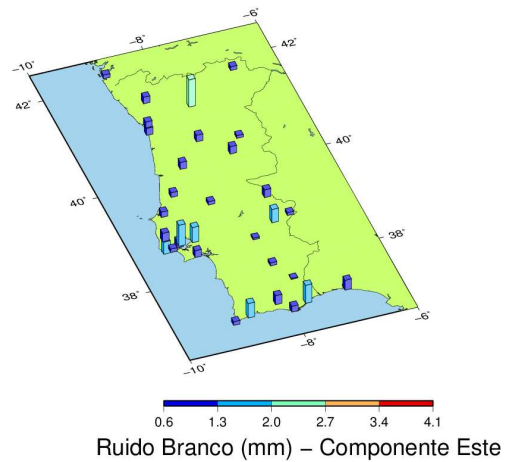
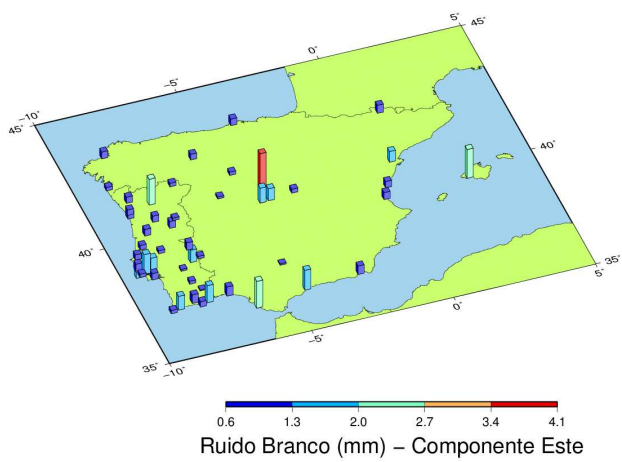
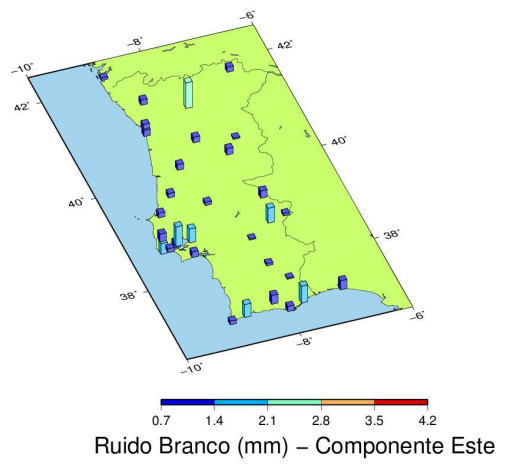
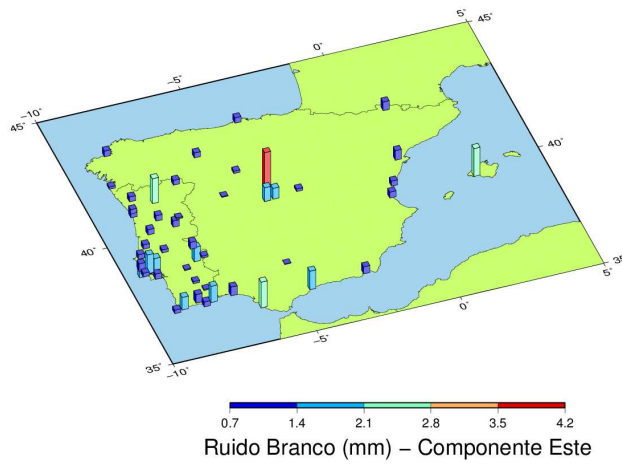
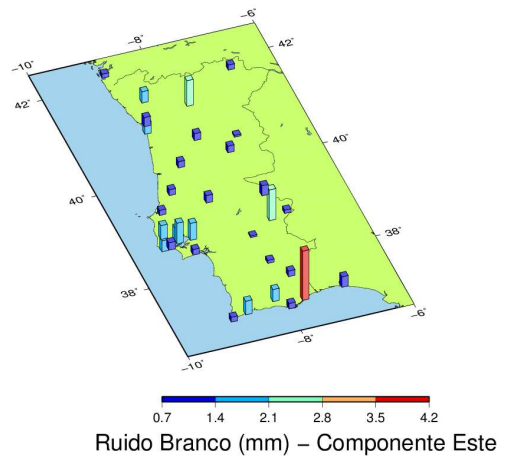
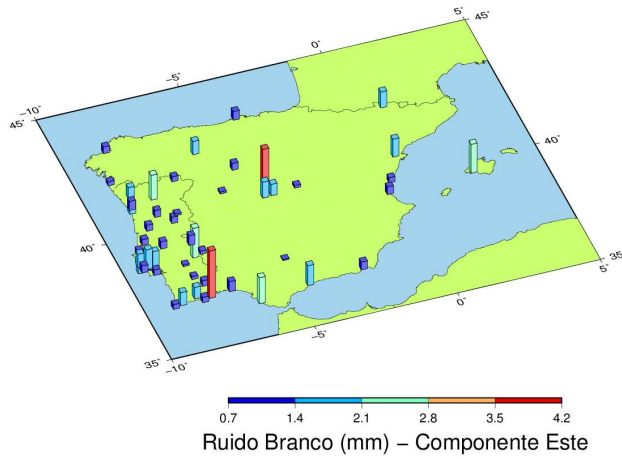


Figura 4-21 - Ruído branco obtido para a componente Este, a partir de processamento sem sinusóide (superior), considerando sinusóide anual (meio) e sinusóide anual e semestral (inferior).

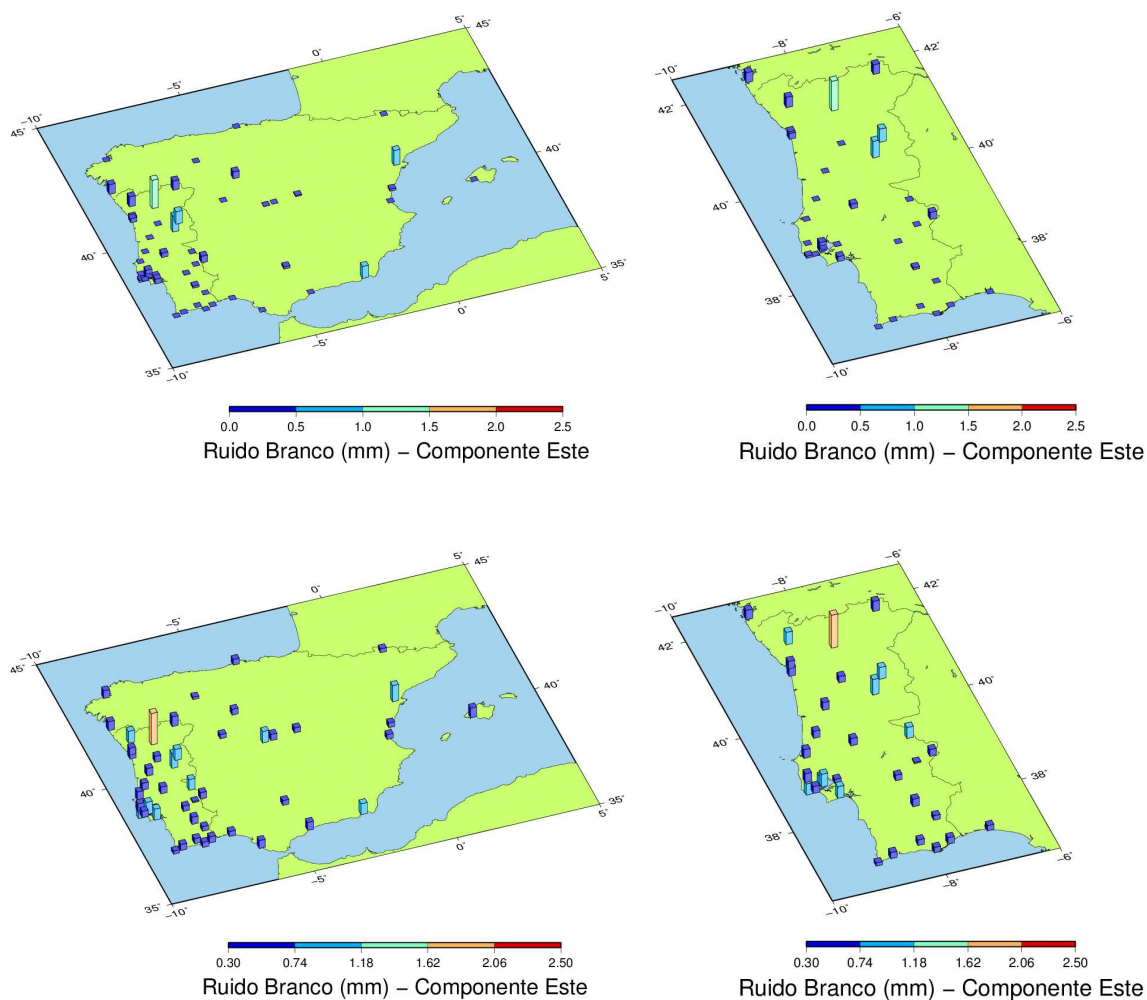


Figura 4-22 - Ruído branco obtido para a componente Este, através de processamento considerando a combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (superior) e a combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).

Para a componente Vertical, o ruído branco determinado assume na sua grande maioria, valores superiores aos das restantes duas componentes, como se pode confirmar na Tabela D-2 e Tabela D-3 (Anexo D) e, também, através da interpretação visual da Figura 4-23 e da Figura 4-24.

Da Tabela 4-6, extrai-se que as séries com maior ruído branco na componente Vertical são MADR, MAD2, FLRS, VALA, VREA, IMMA, IGEO, ESCO, GUAR, AZGR, ALME, COVI e EBRE. Salienta-se que as séries de SFER, MALA, MALL e TAVI, que nas restantes componentes exibiam dos maiores valores de ruído, não estão agora, entre as maiores amplitudes determinadas para a componente Vertical.

As estações de CANT, LEIR, MAFR, CRAI, ALCO, CASC, TAVI, ARRA, BENA e PACO são as que apresentam menores valores de ruído branco. Se for considerado

um termo anual então BORB, MERT e COIM também surgem como estações que apresentam menor ruído branco. Se além do termo anual for ainda considerado um termo semestral, o ruído das estações diminui e COIM e VISE passam a vigorar entre as estações com menor ruído.

Tabela 4-6 - Valores mínimos e máximos de ruído branco para a componente Vertical, obtidos nos processamentos em que é considerado apenas ruído branco e para as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).

Componente Vertical	Ruído Branco						Combinação com Ruído Branco			
	ID Est.	Sem sinusóide	ID Est.	Sinusóide anual	ID Est.	Sinusóide anual e semestral	ID Est.	RB + RR (anual)	ID Est.	RB + RV (anual)
Valores Mínimos (mm)	PACO	2.86	BENA	2.52	BENA	2.47	ACOR	0.00	BORB	1.11
	BENA	2.92	CRAI	2.75	CRAI	2.62	ALCO	0.00	HUEL	1.24
	ARRA	2.95	LEIR	2.75	BORB	2.63	ALME	0.00	EVOR	1.44
	TAVI	3.03	PACO	2.76	LEIR	2.67	BEJE	0.00	LEIR	1.48
	CASC	3.08	BORB	2.76	PACO	2.67	BORB	0.00	VALA	1.51
	ALCO	3.12	CASC	2.78	TMAD	2.69	BORR	0.00	LAGO	1.52
	CRAI	3.23	MERT	2.81	CASC	2.73	BRAG	0.00	ELVA	1.55
	MAFR	3.31	COIM	2.83	COIM	2.75	CANT	0.00	GUAR	1.56
	LEIR	3.31	ARRA	2.85	MERT	2.77	COBA	0.00	MAFR	1.58
CANT	3.34	CANT	2.87	WISE	2.78	COIM	0.00	COBA	1.58	
Valores Máximos (mm)	AZGR	4.83	COVI	4.05	EBRE	3.89	COVI	1.14	IGEO	2.45
	IGEO	5.13	ALME	4.13	ALME	4.11	AZGR	1.17	COVI	2.52
	GUAR	5.23	AZGR	4.80	AZGR	4.61	ARRA	1.21	ESCO	2.52
	IMMA	5.51	IGEO	4.91	IGEO	4.87	ESPI	1.33	AZGR	2.70
	VREA	5.73	IMMA	5.04	IMMA	4.91	IMMA	1.39	PDEL	2.80
	ESCO	5.97	VREA	5.43	VALA	5.17	PDEL	2.13	FUNC	3.20
	VALA	5.99	VALA	5.49	VREA	5.27	FUNC	2.44	EBRE	3.32
	FLRS	6.91	FLRS	6.68	FLRS	6.60	EBRE	2.44	IMMA	3.42
	MAD2	7.68	MAD2	7.48	MAD2	7.45	VREA	3.12	VREA	4.45
	MADR	8.60	MADR	8.27	MADR	8.25	FLRS	5.84	FLRS	6.68

Considerando as combinações de modelos de ruído (ruído branco com ruído rosa e ruído branco com ruído vermelho) as séries de FUNC, PDEL e ESPI surgem entre as que apresentam maiores valores de ruído branco. COBA, MAFR, ELVA e LAGO são séries que passam a ter um pequeno ruído branco quando é considerado também o ruído vermelho no processamento, indicando que a grande parte do ruído da série é assumido como ruído vermelho.

Analisando os dados da Tabela B-1, não é possível identificar nenhuma correlação entre a amplitude de ruído branco e o registo inicial ou até com o número de registos de cada série. Séries longas podem apresentar grandes amplitudes de ruído e séries com registos mais antigos podem apresentar pequenos valores de ruído.

De uma forma geral, a amplitude de ruído branco é reduzida pela ordem em que se considera somente um termo anual, um termo anual e um termo semestral, quando se usa um modelo de combinação de ruído branco e ruído vermelho e, por último, a opção que mais contribui para reduzir o ruído branco, a combinação de ruído branco

com ruído rosa. Na Tabela 4-6, para consubstanciar esta ordenação de qual o modelo que mais contribui para a redução do ruído branco, pode-se focar, como exemplo, as estações de AZGR, IMMA, VREA e FLRS. Conclui-se que, para cada uma dessas estações, o maior valor de ruído branco ocorre quando não é considerada a componente de sazonalidade, esse ruído diminui quando se introduz um termo anual e diminui substancialmente quando é considerado em simultâneo o termo anual e o termo semestral. Com os vários processamentos considerados neste estudo, os menores valores de ruído branco são alcançados quando se aplica o ruído branco combinado com ruído vermelho e, no caso da combinação ruído branco e ruído rosa, esses valores de ruído são ainda menores.

Atendendo à Tabela 4-7, as séries de GUAR, ESCO, TMAD, BORB, HUEL, VISE, EVOR, SMGR, ELVA, MERT e LEIR são as que tem um ganho mais significativo na redução de ruído branco, quando é incluído no processamento um termo anual e um termo semestral. Também através das sinusóides para a componente Vertical, da Figura 4-8 à Figura 4-17, conclui-se que as estações anteriormente referidas são as que sofrem maiores influências de sazonalidade anual e semestral, pois são as que apresentam harmónicas de maior amplitude. Por outro lado, as estações que menos efeitos sazonais sofrem são MADR, PACO, PDEL, FLRS, ALCO, EBRE, ARRA, MAD2, SAGR, AZGR, IGEO e BORR, o que faz com que a redução do ruído branco, para estas estações, não seja tão elevada quando se elimina a sazonalidade. Se uma estação apresenta valores de ruído elevados, que pouco podem ser reduzidos considerando termos anuais ou semestrais, indica que a origem principal desse ruído não estará relacionada com a época do ano ou com os ciclos de interferência a que a estação está sujeita periodicamente. O mais provável é a causa desse ruído estar relacionado com o equipamento da estação, com a monumentação ou com a envolvimento em redor da antena (influência de multitrajecto).

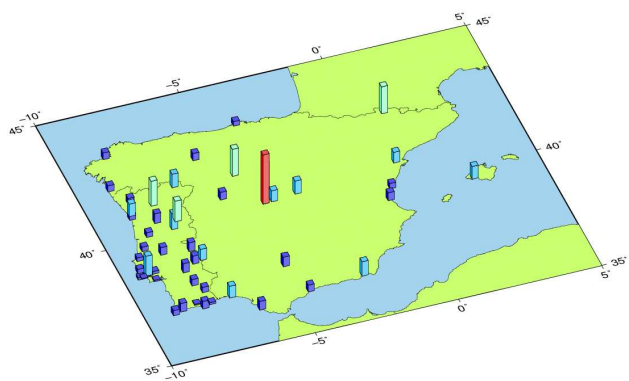
A Tabela D-5 (Anexo D) indica que, ao considerar um termo anual, existe uma redução média na amplitude de ruído de ~12% e que, quando se considera em simultâneo, no mesmo modelo estocástico, um termo anual e um termo semestral, se obtém uma redução de ~14%. Essas percentagens de redução de amplitude de ruído branco são ainda superiores quando se considera a combinação de modelos de ruído; no caso de ruído branco com ruído vermelho o valor é de ~42% e, no caso de ruído branco com ruído rosa, essa percentagem mais do que duplica para o valor de ~88%. Neste sentido, como tem sido apontado anteriormente, a combinação de ruído rosa com ruído branco confere maiores reduções nas amplitudes do ruído e é o modelo que melhor traduz os ruídos presentes nas séries.

Tabela 4-7 - Valores mínimos e máximos de redução percentual para a componente Vertical do ruído branco, tomando como padrão o ruído branco sem sinusóide.

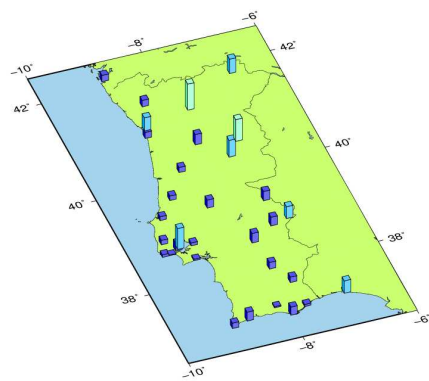
Componente Vertical	Redução de Amplitude de Ruído Branco							
	ID Est.	Sinusóide anual	ID Est.	Sinusóide anual e semestral	ID Est.	RB + RR (anual)	ID Est.	RB + RV (anual)
Valores Mínimos (%)	AZGR	0.67	SAGR	2.47	FLRS	12.52	FLRS	0.00
	SAGR	1.90	MAD2	3.08	FUNC	32.69	FUNC	11.89
	MAD2	2.69	ARRA	3.64	EBRE	37.58	EBRE	15.31
	ARRA	3.26	EBRE	3.96	PDEL	39.91	VREA	18.19
	EBRE	3.29	MADR	4.03	VREA	42.65	PDEL	20.91
	ALCO	3.35	FLRS	4.53	ESPI	55.75	ESPI	24.35
	FLRS	3.39	AZGR	4.54	ARRA	57.62	ARRA	24.82
	PDEL	3.64	ALCO	4.55	BENA	61.33	BENA	26.83
	PACO	3.69	IGEO	5.10	CASC	65.73	CASC	28.26
MADR	3.83	BORR	6.72	COVI	71.91	IMMA	32.10	
Valores Máximos (%)	MERT	17.70	LEIR	19.42	SFER	100.00	GUAR	51.77
	ELVA	18.53	SMGR	22.10	SMAM	100.00	EVOR	52.30
	SMGR	21.32	ELVA	22.32	TAVI	100.00	ELVA	53.85
	EVOR	21.71	EVOR	23.61	TMAD	100.00	COBA	56.07
	WISE	24.68	HUEL	27.32	VALA	100.00	LAGO	57.71
	HUEL	25.76	WISE	29.64	VALE	100.00	BORB	59.92
	BORB	26.53	BORB	30.04	VIGO	100.00	HUEL	60.15
	TMAD	34.68	ESCO	37.98	VILL	100.00	MAD2	67.65
	ESCO	36.60	TMAD	38.85	WISE	100.00	VALA	72.58
	GUAR	37.99	GUAR	45.37	YEBE	100.00	MADR	73.48

Na combinação de ruído branco com ruído rosa algumas estações apresentam uma melhoria de 100%. Isto é uma indicação de que, com esta combinação, o ruído presente na série é assumido como ruído rosa e, neste caso, a série não apresenta valores de ruído branco.

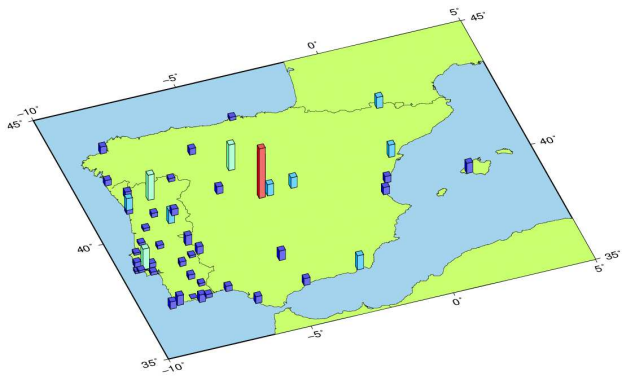
A estação de FLRS, para a combinação de modelos de ruído branco com ruído vermelho, apresenta valor nulo em percentagem, ou seja, não existe nenhuma melhoria ou redução de ruído branco quando é considerada esta combinação. Isto indica que todo o ruído da série é assumido como ruído branco, sendo coerente com o facto de ser uma das estações que regularmente apresenta maiores valores de ruído branco na componente Vertical.



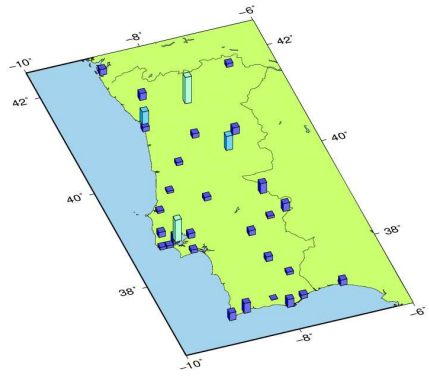
Ruído Branco (mm) – Componente Vertical



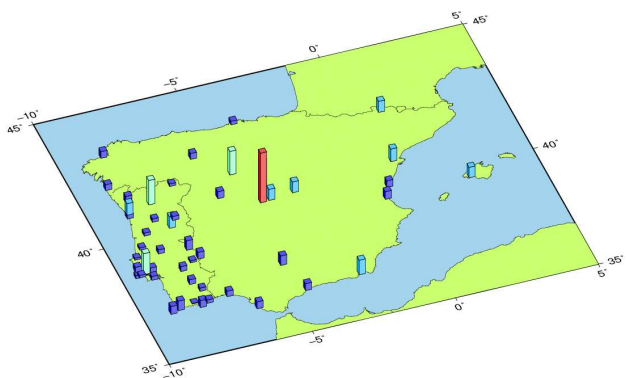
Ruído Branco (mm) – Componente Vertical



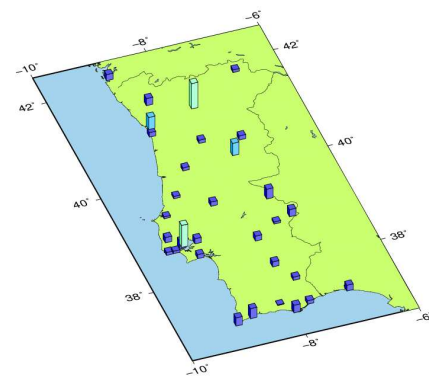
Ruído Branco (mm) – Componente Vertical



Ruído Branco (mm) – Componente Vertical



Ruído Branco (mm) – Componente Vertical



Ruído Branco (mm) – Componente Vertical

Figura 4-23 - Ruído branco obtido para a componente Vertical, a partir de processamento sem sinusóide (superior), considerando sinusóide anual (meio) e sinusóide anual e semestral (inferior).

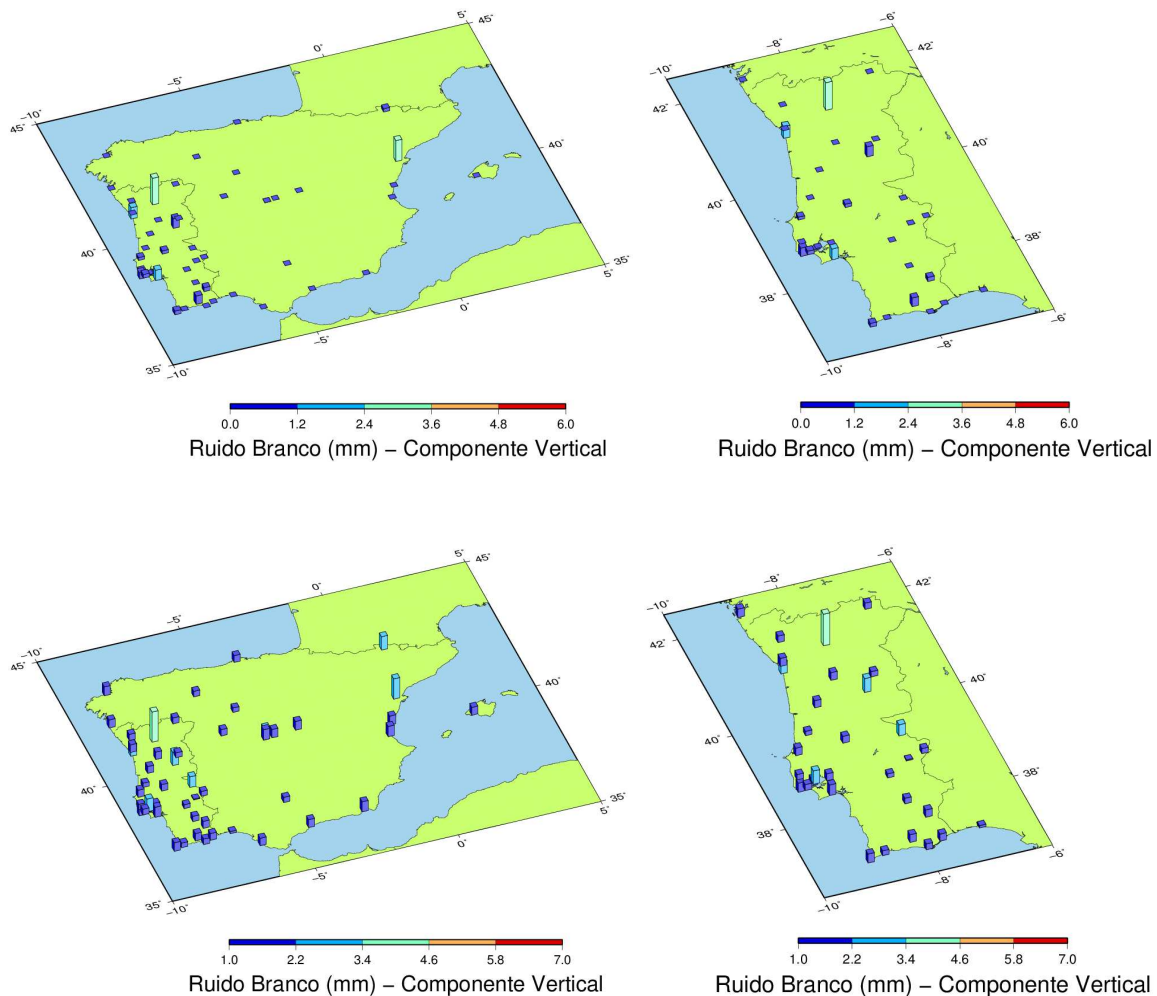


Figura 4-24 - Ruído branco obtido para a componente Vertical, através de processamento considerando a combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (superior) e a combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).

4.3.2.2 Análise do Ruído Rosa

Para avaliar o ruído rosa e perceber como varia a sua amplitude, ir-se-á analisar os resultados do ruído obtido para o processamento do modelo estocástico de ruído rosa e para a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa. O estudo será feito por componentes (Norte, Este e Vertical), tentando conhecer quais as estações que apresentam valores de ruído perto dos limites máximos e mínimos e estabelecendo uma analogia directa com as amplitudes de ruído branco já anteriormente abordadas.

Combinando a análise da Figura 4-25, a Tabela D-2 (Anexo D) e a Tabela 4-8 identifica-se que as estações que apresentam maior ruído rosa, na componente Norte, são VREA, ARRA, IMMA, FLRS, MADR, PDEL, MALL, MAD2, IGEO e AZGR. As estações de ARRA, PDEL e AZGR, quando são analisadas com a combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa, diminuem a sua amplitude de ruído rosa e deixam de constar estar entre os maiores valores registados. Na Tabela 4-9 e Tabela

D-6 (Anexo D), pode-se confirmar que estas três estações (ARRA, PDEL, AZGR) estão entre as que conhecem as maiores reduções de ruído rosa, quando é considerada a combinação de modelos anteriormente referida.

Tabela 4-8 - Valores mínimos e máximos de ruído rosa para a componente Norte, considerando o modelo de ruído rosa e a combinação de ruído branco com ruído rosa (RB+RR).

Componente Norte	Ruído Rosa			
	ID Estação	Ruído Rosa	ID Estação	RB + RR
Valores Mínimos (mm)	VALA	1.67	TMAD	0.00
	MERT	1.69	SMGR	1.07
	SALA	1.75	GUAR	1.28
	SMGR	1.84	SMAM	1.39
	YEBE	1.87	FLRS	1.40
	ALCO	1.89	CASC	1.45
	ELVA	1.90	ELVA	1.46
	COBA	1.90	BORR	1.48
	HUEL	1.92	COVI	1.49
	VILL	1.94	COIM	1.55
Valores Máximos (mm)	AZGR	3.00	FUNC	2.45
	IGEO	3.10	SFER	2.61
	MAD2	3.25	MAFR	2.76
	MALL	3.30	EBRE	2.96
	PDEL	3.34	IGEO	3.00
	MADR	3.43	MAD2	3.25
	FLRS	3.58	MALL	3.30
	IMMA	3.59	MADR	3.43
	ARRA	3.92	IMMA	3.59
	VREA	5.88	VREA	3.82

As séries com menor ruído rosa são VILL, HUEL, COBA, ELVA, ALCO, YEBE, SMGR, SALA, MERT E VALA. No caso de considerar a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa, surgem outras estações com menor ruído rosa e, nesse sentido, COIM, COVI, BORR, ELVA, CASC, FLRS, SMAM, GUAR, SMGR e TMAD são aquelas em que a combinação ruído branco com ruído rosa permite registrar menores valores de ruído rosa.

A série de FLRS aparece entre as maiores amplitudes de ruído rosa, mas igualmente entre as maiores reduções percentuais de ruído rosa (Tabela 4-9), quando considerado a combinação de modelos de ruído rosa com ruído branco, chegando mesmo a apresentar dos menores valores de ruído rosa (Tabela 4-8). Isto indica que grande parte do ruído da série é traduzido de melhor forma como sendo um ruído branco. Já TMAD, que apresenta um valor de 2.0 mm de ruído rosa, quando é processado com a combinação de ruído branco com ruído rosa, apresenta uma redução de 100% e, conseqüentemente, um valor nulo de ruído rosa, indicando que para a componente Norte, o ruído branco é o que traduz melhor o ruído da série.

Tabela 4-9 - Valores mínimos e máximos, para a componente Norte do ruído rosa, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) e o modelo simples de ruído rosa.

Componente Norte	Redução da Amplitude de Ruído Rosa	
	ID Est.	RB+RR
Valores Mínimos (%)	ACOR	0.00
	COBA	0.00
	GAIA	0.00
	HUEL	0.00
	IMMA	0.00
	LAGO	0.00
	MAD2	0.00
	MADR	0.00
	MAFR	0.00
MALL	0.00	
Valores Máximos (%)	VREA	35.01
	PDEL	36.53
	COIM	37.79
	SMAM	38.42
	CASC	40.59
	COVI	41.08
	SMGR	41.61
	ARRA	46.22
	FLRS	60.95
	TMAD	100.00

A partir da Tabela 4-9 pode-se extrair quais as estações que, considerando a combinação ruído branco com ruído rosa, apresentam as maiores reduções de ruído rosa. Naturalmente estas estações são as que acabam por apresentar menor ruído rosa e, conseqüentemente, o ruído presente na série é assumido como ruído branco. Quando a percentagem de redução é nula, não existe nenhuma redução do ruído rosa, o que também indica que a série não assume nenhum ruído branco e todo o seu ruído é rosa; neste caso a combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa não minimiza o ruído existente na série.

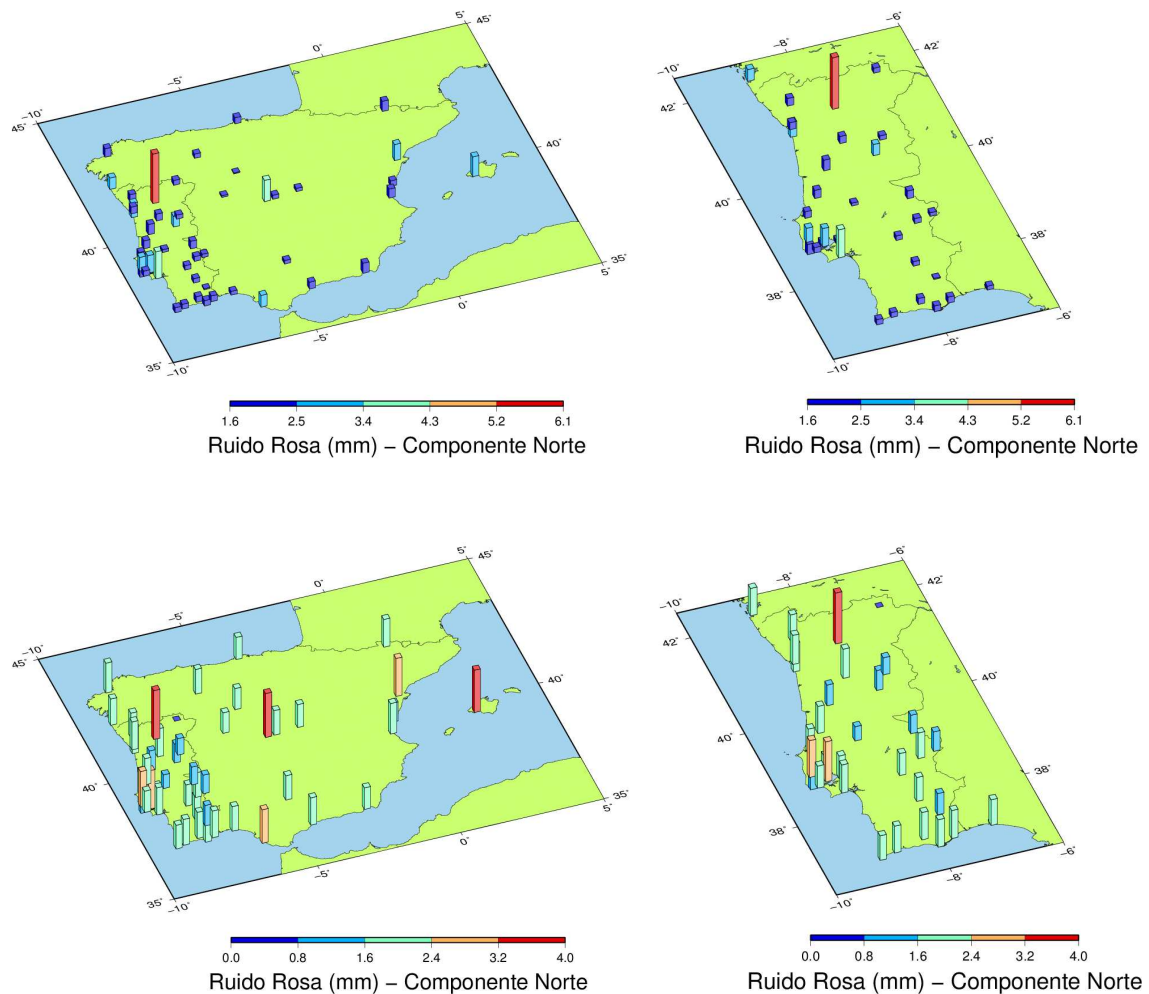


Figura 4-25 - Ruído rosa para a componente Norte, considerando modelo simples de ruído rosa com sinusóide anual (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (inferior).

Analisando a Figura 4-26, a Tabela D-2 (Anexo D) e a Tabela 4-10, onde é apresentado o conjunto dos dez maiores e dez menores valores de ruído rosa determinados para a componente Este, é possível verificar que as séries de FLRS, MAD2, VREA são as que destacadamente apresentam os maiores valores de ruído rosa e IMMA, AZGR, EBRE, IGEO, TAVI, MADR e PDEL são as restantes estações que compõem o grupo dos dez maiores registos de ruído rosa. Quando é considerada a combinação de ruído branco com ruído rosa, as séries de FLRS, EBRE, e PDEL conhecem uma elevada redução percentual da sua amplitude de ruído, como se pode comprovar na Tabela 4-11 e Tabela D-6 (Anexo D) e deixam de estar entre os maiores valores de ruído rosa.

Tabela 4-10 - Valores mínimos e máximos de ruído rosa para a componente Este, considerando o modelo de ruído rosa e a combinação de ruído branco com ruído rosa (RB+RR).

Componente Este	Ruído Rosa			
	ID Estação	Ruido Rosa	ID Estação	RB + RR
Valores Mínimos (mm)	BORR	1.73	GUAR	1.17
	YEBE	1.85	VALA	1.65
	COBA	1.85	BORR	1.70
	MERT	1.85	ALME	1.73
	SALA	1.87	VIGO	1.76
	VALA	1.91	ELVA	1.81
	EVOR	1.97	COBA	1.82
	CANT	1.98	YEBE	1.84
	LEON	2.02	MERT	1.85
	ELVA	2.04	SALA	1.87
Valores Máximos (mm)	PDEL	3.03	BORB	2.74
	MADR	3.03	SMAM	2.77
	TAVI	3.21	MALL	2.97
	IGEO	3.22	MADR	3.03
	EBRE	3.30	VREA	3.11
	AZGR	3.43	AZGR	3.16
	IMMA	3.60	TAVI	3.21
	VREA	5.18	IGEO	3.22
	MAD2	5.29	IMMA	3.60
	FLRS	7.13	MAD2	5.29

De forma geral, quando é considerada a combinação do modelo de ruído branco com ruído rosa, o ruído presente na série é repartido entre ruído branco e ruído rosa e, conseqüentemente, ocorre uma redução do ruído rosa. No caso de essa redução não existir, como por exemplo nas séries de MAD2, IMMA, IGEO e TAVI, isso é um indicador de que não é considerada a existência de ruído branco na série e que a melhor solução é considerar todo o ruído como ruído rosa. Estações que se encontram nesta mesma situação apresentam uma percentagem nula de redução de ruído rosa e naturalmente uma redução de 100% na amplitude de ruído branco, como aliás foi abordado nas análises efectuadas para o ruído branco e pode ser comprovado na análise detalhada da Tabela D-2 (Anexo D).

Quando considerada a combinação de ruído branco com ruído rosa, as séries de MALL, SMAM, e BORB passam a vigorar entre os maiores valores de ruído rosa. Estas séries têm uma redução percentual nula de ruído rosa quando é considerada a combinação e, pelo que já foi apresentado anteriormente, isso indica que não é considerada nenhuma porção de ruído branco nos dados registados. Nas tabelas exibidas esse facto corresponde a uma redução de ruído branco de 100%, ou seja, é uma redução total até ao ponto de não considerar a existência de ruído branco.

Tabela 4-11 - Valores mínimos e máximos, para a componente Este do ruído rosa, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) e o modelo simples de ruído rosa.

Componente Este	Redução da Amplitude de Ruído Rosa	
	ID Est.	RB+RR
Valores Mínimos (%)	ACOR	0.00
	ALCO	0.00
	BENA	0.00
	BORB	0.00
	CANT	0.00
	COIM	0.00
	CRAI	0.00
	ESCO	0.00
	EVOR	0.00
	FARO	0.00
Valores Máximos (%)	TMAD	15.03
	BRAG	18.87
	VIGO	22.18
	PDEL	23.87
	EBRE	25.95
	ALME	29.55
	COVI	35.80
	VREA	39.97
	GUAR	44.44
	FLRS	67.95

As séries que apresentam menor ruído rosa são ELVA, LEON, CANT, EVOR, VALA, SALA, MERT, COBA, YEBE e BORR. Perante a combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa, LEON, CANT e EVOR têm uma redução nula de ruído rosa, o que está em harmonia com o facto de não apresentar ruído branco e, por isso, apontar 100% de redução do ruído branco. Para estas três séries o ruído existente é assumido exclusivamente como ruído rosa.

Quando considerada a combinação de modelos de ruído, as estações de VIGO, ALME e GUAR sofrem das maiores reduções percentuais de ruído rosa (Tabela 4-11) e passam a estar incluídas no grupo das dez estações com menor ruído rosa. Isto acontece porque uma boa parte do ruído das séries é assumido como ruído branco (Tabela 4-4) e esse ruído pouco é reduzido com a consideração da combinação de ruído branco com ruído rosa (Tabela 4-5).

Uma vez mais não é possível estabelecer relação entre as amplitudes de ruído rosa e o tamanho ou o período de início de registo das séries. O tipo de monumentação ou equipamento instalado também não permitem estabelecer um padrão nos ruídos determinados.

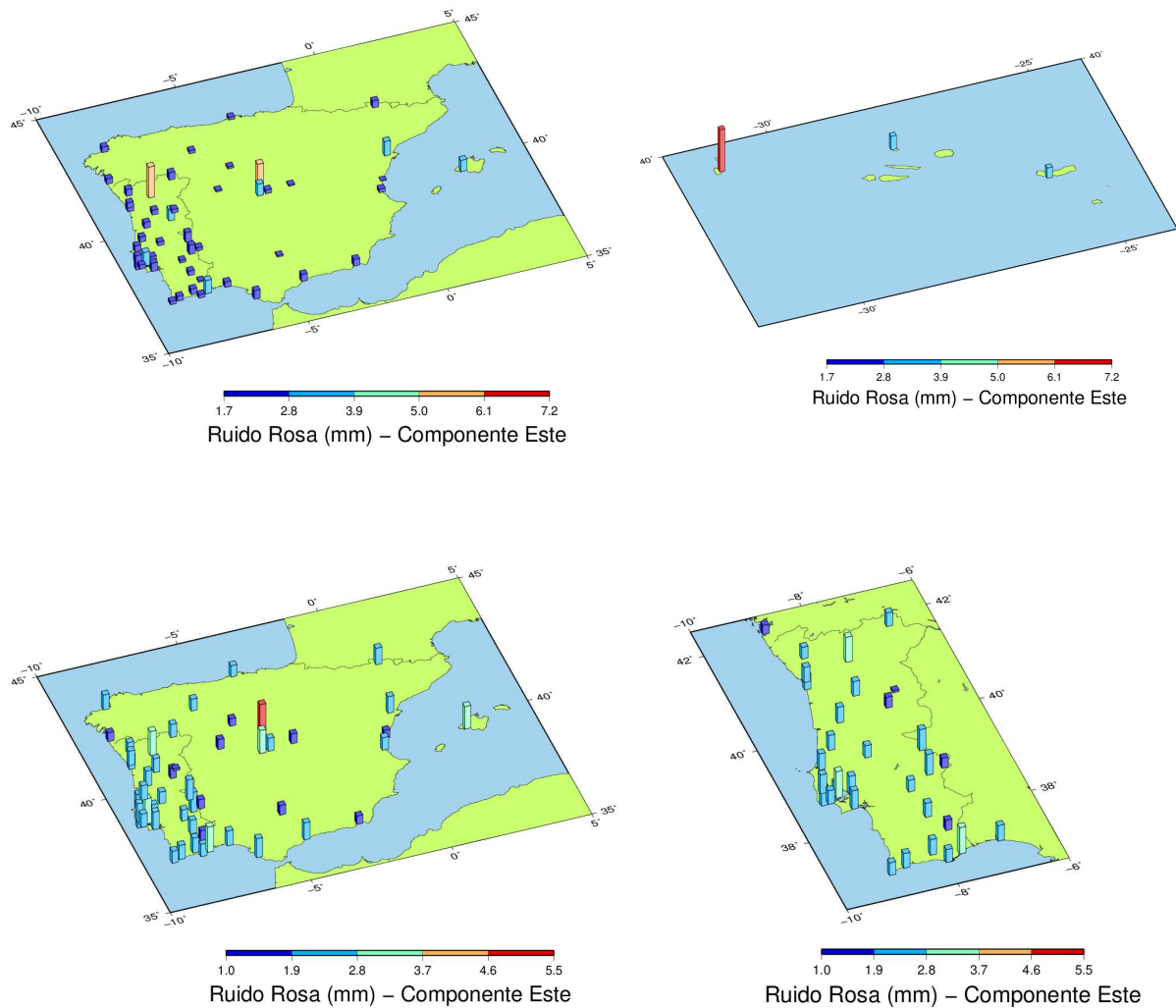


Figura 4-26 - Ruído rosa para a componente Este, considerando modelo simples de ruído rosa com sinusóide anual (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (inferior).

Para analisar o comportamento do ruído rosa na componente Vertical apresenta-se, à semelhança das outras componentes, a Figura 4-27, que é uma representação visual e intuitiva dos dados tabelados. A Tabela 4-12 funciona como uma síntese dos valores extremos de ruído exibidos nas tabelas do Anexo D.

As séries que apresentam valores de ruído rosa elevados são FLRS com um valor destacado dos restantes, VREA, IMMA, EBRE, MAD2, MADR, IGEO, AZGR, FUNC e PDEL. Pela Tabela 4-13, quando é considerado a combinação de ruído branco com ruído rosa, FLRS, EBRE, FUNC e PDEL estão entre as maiores reduções percentuais de ruído rosa e deixam de constar entre os dez valores mais elevados de ruído rosa para essa combinação. Para a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa, estas quatro estações apresentam valores elevados de ruído branco (Tabela 4-6), sendo este o que melhor traduz o ruído da série e, por isso, não admite grandes reduções percentuais de ruído branco (Tabela 4-7).

Tabela 4-12 - Valores mínimos e máximos de ruído rosa para a componente Vertical, considerando o modelo de ruído rosa e a combinação de ruído branco com ruído rosa (RB+RR).

Componente Vertical	Ruído Rosa			
	ID Estação	Ruido Rosa	ID Estação	RB + RR
Valores Mínimos (mm)	LEIR	6.10	FUNC	5.68
	PACO	6.15	ESPI	5.71
	BORB	6.18	BENA	5.72
	ELVA	6.21	PACO	6.02
	LAGO	6.22	LEIR	6.10
	BRAG	6.25	BORB	6.18
	TAVI	6.28	CASC	6.19
	HUEL	6.32	ARRA	6.20
	SMGR	6.34	ELVA	6.21
MERT	6.42	LAGO	6.22	
Valores Máximos (mm)	PDEL	9.03	MALL	8.03
	FUNC	9.31	SMAM	8.28
	AZGR	9.32	VALA	8.34
	IGEO	9.48	AZGR	8.61
	MADR	10.05	ESCO	8.89
	MAD2	10.42	IGEO	9.48
	EBRE	10.61	VREA	9.94
	IMMA	11.40	MADR	10.05
	VREA	13.64	MAD2	10.42
	FLRS	18.35	IMMA	10.54

As séries de ESCO, VALA, SMAM e MALL, perante a combinação de ruído branco com ruído rosa, surgem entre as maiores amplitudes de ruído rosa. Para estas séries o ruído rosa é o que melhor traduz o ruído total da série e, por isso, são as que acabam por ter uma maior percentagem de redução do ruído branco (Tabela 4-7).

Naturalmente, as estações que não estão sujeitas a qualquer redução do ruído rosa, sofrem uma redução máxima de ruído branco, o que indica que todo o ruído da série é traduzido por ruído rosa.

Tabela 4-13 - Valores mínimos e máximos, para a componente Vertical do ruído rosa, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) e o modelo simples de ruído rosa.

Componente Vertical	Redução da Amplitude de Ruído Rosa	
	ID Est.	RB+RR
Valores Mínimos (%)	ACOR	0.00
	ALCO	0.00
	ALME	0.00
	BEJE	0.00
	BORB	0.00
	BORR	0.00
	BRAG	0.00
	CANT	0.00
	COBA	0.00
COIM	0.00	
Valores Máximos (%)	COVI	8.41
	CASC	9.86
	BENA	11.08
	ARRA	14.61
	ESPI	17.99
	VREA	27.12
	PDEL	29.95
	EBRE	30.57
	FUNC	39.01
	FLRS	61.33

Tabela 4-14 - Ruído total da série quando considerada a combinação de ruído branco com ruído rosa.

Ruído Total	Ruído Branco + Ruído Rosa					
	ID Estação	N	ID Estação	E	ID Estação	V
Valores Mínimos (mm)	TMAD	0.72	GUAR	1.76	LEIR	6.10
	SMGR	1.57	BORR	1.80	BORB	6.18
	VALA	1.74	MERT	1.85	ELVA	6.21
	GUAR	1.77	SALA	1.87	LAGO	6.22
	MERT	1.78	YEBE	1.88	BRAG	6.25
	SALA	1.83	COBA	1.92	TAVI	6.28
	ELVA	1.86	VALA	1.97	HUEL	6.32
	COBA	1.90	EVOR	1.97	PACO	6.44
	HUEL	1.92	CANT	1.99	FARO	6.45
	BORR	1.96	LEON	2.02	CANT	6.52
Valores Máximos (mm)	AZGR	2.94	MALL	2.97	COVI	8.98
	PDEL	2.99	MADR	3.03	ESCO	9.26
	EBRE	3.07	EBRE	3.15	IGEO	9.48
	ARRA	3.18	TAVI	3.21	AZGR	9.78
	MAD2	3.25	IGEO	3.22	EBRE	9.81
	IGEO	3.25	AZGR	3.60	MADR	10.05
	MALL	3.30	IMMA	3.60	MAD2	10.42
	MADR	3.43	VREA	4.47	IMMA	11.93
	IMMA	3.59	FLRS	4.59	FLRS	12.94
	VREA	5.30	MAD2	5.29	VREA	13.06

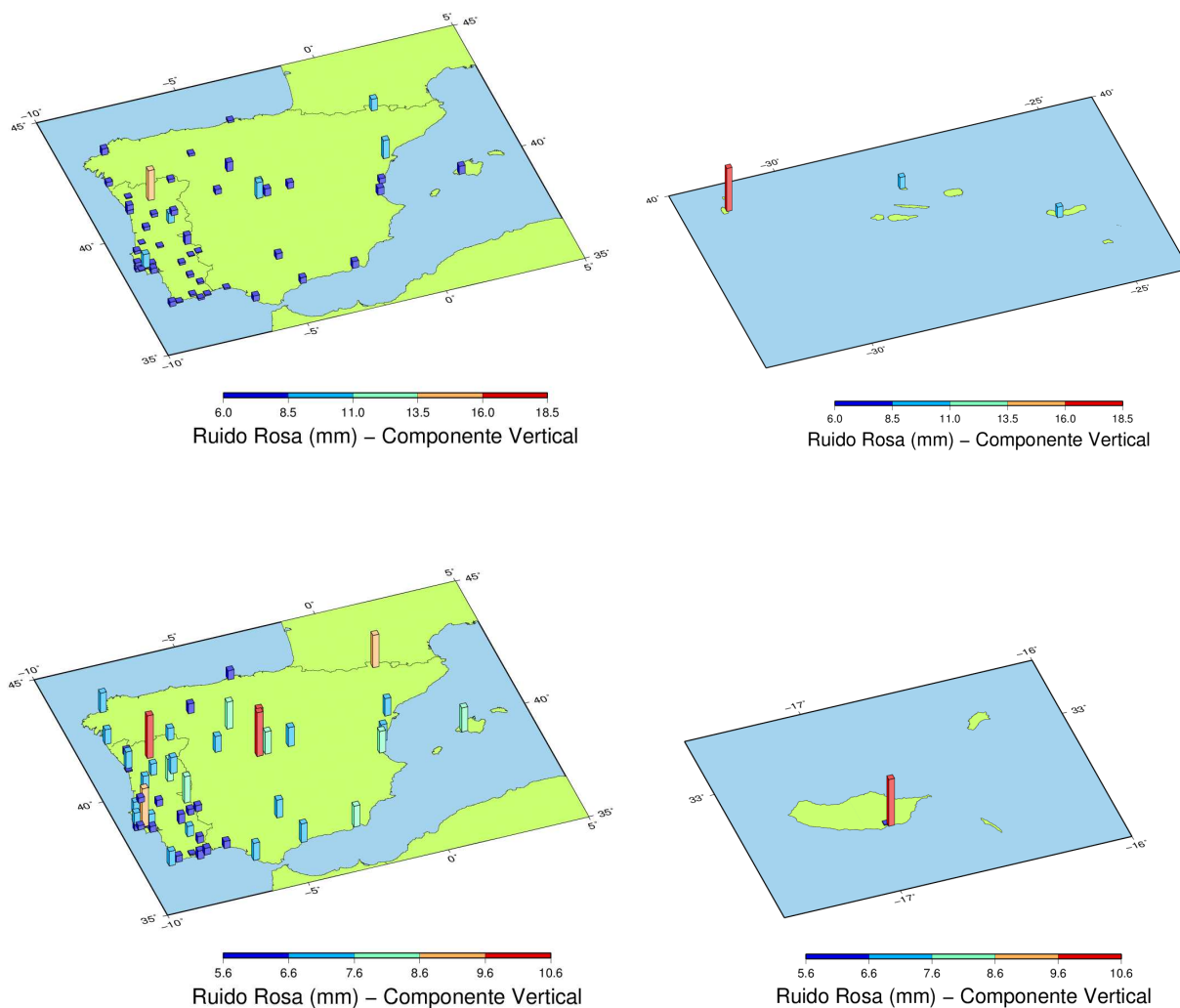


Figura 4-27 - Ruído rosa para a componente Vertical, considerando modelo simples de ruído rosa com sinusóide anual (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa (inferior).

4.3.2.3 Análise do Ruído Vermelho

Também o estudo do ruído vermelho será efectuado por componentes e serão analisados os valores obtidos segundo o modelo simples de ruído vermelho e segundo a combinação de modelos de ruído branco com ruído vermelho.

Os valores obtidos para o ruído vermelho serão apresentados na Tabela D-2 (Anexo D) e nas Figura 4-28 à Figura 4-30. Para complementar as várias observações serão apresentadas ao longo do texto pequenas tabelas síntese, que incluem limites máximos e mínimos dos valores determinados.

Pela Tabela 4-15, nota-se que VREA é a estação que, de forma evidenciada, apresenta o maior ruído vermelho seguida por ordem decrescente, pelas estações de ARRA, FLRS, PDEL, IMMA, MADR, AZGR, MAD2, IGEO e ESPI. Estas estações, quando considerada a combinação de ruído branco com ruído vermelho, são também

as que apresentam valores mais elevados de ruído branco (Tabela 4-2), ou seja, as séries com maior ruído vermelho são as que apresentam, numa combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho, maiores valores de ruído branco.

Com a combinação de modelos, as estações que apresentam maiores valores de ruído vermelho são IMMA, MALL, MADR, MAFR, EBRE, TAVI, LEON, VREA, VISE e FUNC, que de uma forma geral são estações que, pela Tabela 4-16, registam as menores reduções percentuais de ruído vermelho. Por outro lado, às maiores reduções percentuais de ruído vermelho corresponde, como seria de esperar, as menores amplitudes de ruído vermelho, sendo exceção VREA, que apesar de apresentar uma grande redução percentual de ruído vermelho (~85%) continua entre os dez maiores valores determinados de ruído vermelho (2.9 mm). Recorda-se que VREA exibia um valor bastante elevado de ruído vermelho, quando comparada com as restantes séries (19 mm).

Para a combinação de modelos, apenas FLRS, PDEL e ARRA apresentam pequenos valores de ruído vermelho e grandes valores de ruído branco (Tabela 4-2), o que indica que para estas séries o ruído branco é o que melhor traduz os ruídos das séries. LEON e TAVI possuem valores elevados de ruído vermelho e pequenos valores de ruído branco, o que sugere que o ruído vermelho é a melhor opção para caracterizar o ruído da série. IMMA, MADR e VREA são séries que figuram entre os maiores valores de ruído branco e ruído vermelho, quer seja considerando o modelo simples ou a combinação de ruído branco com ruído vermelho. Uma análise mais cuidada das tabelas em anexo, indica que estas três estações em conjunto com MALL, apresentam amplitudes de ruído branco, ruído rosa e ruído vermelho entre as mais elevadas. Consultando a Tabela D-7 (Anexo D), para a situação de considerar as combinações de modelos de ruído, o valor de ruído total de cada uma destas quatro séries (soma de ruído branco com ruído rosa ou ruído branco com ruído vermelho), é superior às demais consideradas neste estudo e evidencia-se que, para a combinação de modelos, o ruído total determinado através da soma de ruído branco com ruído rosa (Tabela 4-14) é inferior ao ruído resultante da soma de ruído branco com ruído vermelho (Tabela 4-21), com exceção para VREA. De uma forma geral a redução percentual de ruído, quando se considera uma combinação de modelos, é para o ruído vermelho bastante superior à do ruído rosa.

Tabela 4-15 - Valores mínimos e máximos de ruído vermelho para a componente Norte, considerando o modelo de ruído vermelho e a combinação de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).

Componente Norte	Ruído Vermelho				
	ID Estação	Ruído Vermelho	ID Estação	RB + RV	
Valores Mínimos (mm)	VALA	5.07	ARRA	0.00	
	MERT	5.17	PDEL	0.00	
	SALA	5.26	TMAD	0.00	
	YEBE	5.53	SMGR	0.77	
	COBA	5.58	COIM	0.82	
	ALCO	5.74	FLRS	0.85	
	VILL	5.75	CASC	0.98	
	HUEL	5.78	SMAM	1.00	
	LAGO	5.87	COVI	1.02	
	SMGR	5.89	BORR	1.37	
Valores Máximos (mm)	ESPI	8.98	FUNC	2.78	
	IGEO	9.02	WISE	2.87	
	MAD2	9.09	VREA	2.91	
	AZGR	9.32	LEON	2.95	
	MADR	9.69	TAVI	3.05	
	IMMA	10.06	EBRE	3.07	
	PDEL	10.64	MAFR	3.20	
	FLRS	11.39	MADR	4.20	
	ARRA	12.09	MALL	4.39	
		VREA	18.88	IMMA	4.43

As séries de ARRA, PDEL e TMAD apresentam valores elevados de ruído vermelho e quando são processadas segundo a combinação de ruído branco com ruído vermelho assumem ruído vermelho nulo. Essa redução total de ruído indica que todo o ruído da série é considerado como branco e quando se analisa o ruído total das séries (Tabela 4-21), estas são as que apresentam os menores valores de ruído para a componente Norte.

Tabela 4-16 - Valores mínimos e máximos, para a componente Norte do ruído vermelho, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV) e o modelo simples de ruído vermelho.

Componente Norte	Redução da Amplitude de Ruído Vermelho	
	ID Est.	RB+RV
Valores Mínimos (%)	MALL	43.76
	TAVI	50.15
	LEON	50.39
	HUEL	53.14
	WISE	55.39
	FARO	55.90
	IMMA	55.99
	VALA	56.28
Valores Máximos (%)	MADR	56.63
	MAFR	59.36
	VREA	84.60
	SMAM	85.93
	SMGR	86.90
	CASC	87.23
	COVI	87.33
	COIM	89.27
Valores Máximos (%)	FLRS	92.52
	ARRA	100.00
	PDEL	100.00
	TMAD	100.00

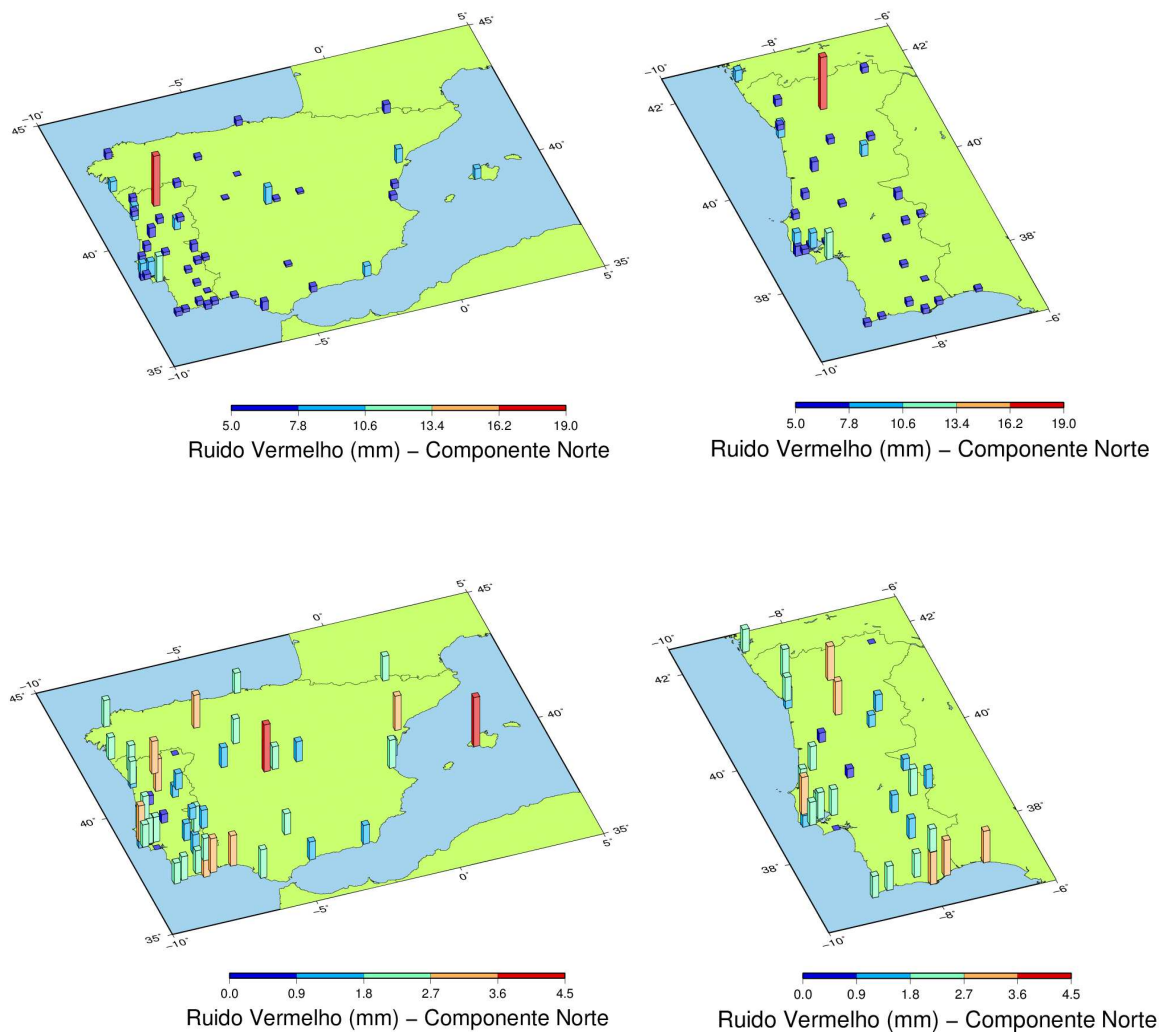


Figura 4-28 - Ruído vermelho para a componente Norte, considerando modelo simples de ruído vermelho com sinusóide anual (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).

Na Tabela 4-17 encontra-se um resumo dos maiores e menores valores de ruído vermelho, para a componente Este, determinado para os dois processamentos considerados. As duas séries que possuem ruídos elevados e se destacam das restantes são FLRS com o maior valor de ruído, logo seguida pela estação de VREA. Com valores também elevados, mas não sendo picos isolados de amplitude de ruído, surgem logo a seguir as estações de AZGR, EBRE, IMMA, PDEL, COVI, IGEO, TAVI e MADR. A maioria das estações referidas anteriormente, apresentam também elevados valores de ruído branco (Tabela 4-4), quer seja considerado o ruído branco simples ou a combinação de ruído branco com ruído vermelho.

Na Tabela 4-18, as estações que tem uma maior redução de ruído vermelho são as que naturalmente sofrem menores reduções de ruído branco o que indica que o ruído existente na série é na sua maioria ruído branco.

Tabela 4-17 - Valores mínimos e máximos de ruído vermelho para a componente Este, considerando o modelo de ruído vermelho e a combinação de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).

Componente Este	Ruído Vermelho			
	ID Estação	Ruído Vermelho	ID Estação	RB + RV
Valores Mínimos (mm)	BORR	5.26	GUAR	0.00
	YEBE	5.41	FLRS	0.96
	COBA	5.44	BRAG	1.52
	SALA	5.48	ALME	1.63
	MERT	5.54	VIGO	1.72
	LEON	5.64	BORR	1.84
	EVOR	5.70	YEBE	1.86
	VALE	5.75	CANT	2.00
	SAGR	5.79	VILL	2.06
	CANT	5.83	EBRE	2.11
Valores Máximos (mm)	MADR	8.52	SMAM	3.94
	TAVI	8.68	HUEL	3.95
	IGEO	9.11	SAGR	3.96
	COVI	9.25	ESCO	4.16
	PDEL	9.56	IMMA	4.29
	IMMA	10.11	MAD2	4.30
	EBRE	10.16	AZGR	4.30
	AZGR	10.57	ALCO	4.92
	VREA	16.75	BORB	6.02
	FLRS	23.16	TAVI	6.58

Quando avaliada a combinação de ruído branco com ruído vermelho, observa-se que as séries de FLRS, VREA, EBRE, PDEL e COVI têm uma elevada redução percentual de ruído vermelho e deixam de vigorar entre as maiores amplitudes de ruído vermelho determinada pela combinação de modelos. FLRS que tem o maior ruído vermelho, perante um processamento de ruído branco com ruído vermelho, sofre uma redução quase total do seu ruído vermelho, sendo a maioria do ruído caracterizada como branco. De forma semelhante, mas com uma redução completa do ruído vermelho, a série da GUAR exibe apenas ruído branco e situa-se entre as estações que para a combinação de ruído branco com ruído vermelho apresentam menor amplitude de ruído total, como se pode verificar com a consulta da Tabela 4-21.

Tabela 4-18 - Valores mínimos e máximos, para a componente Este do ruído vermelho, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV) e o modelo simples de ruído vermelho.

Componente Este	Redução da Amplitude de Ruído Vermelho	
	ID Est.	RB+RV
Valores Mínimos (%)	BORB	13.92
	TAVI	24.23
	ALCO	27.82
	SAGR	31.51
	LEON	31.56
	ESCO	33.82
	HUEL	39.33
	BENA	39.79
	MAD2	43.05
WISE	45.17	
Valores Máximos (%)	FCUL	70.25
	PDEL	72.22
	VIGO	75.29
	COVI	76.30
	ALME	79.20
	EBRE	79.28
	BRAG	79.91
	VREA	87.25
	FLRS	95.84
	GUAR	100.00

As séries de IMMA e AZGR, para a combinação de ruídos, possuem ruído vermelho e ruído branco elevado, são juntamente com as estações de ALCO, BORB e TAVI as que apresentam o maior valor para a soma de ruído branco com ruído vermelho. BRAG é uma série que exibe pequenos valores de ruído vermelho, mas está entre os maiores valores de ruído branco (Tabela 4-4), somando estes dois ruídos a estação está entre as que apresentam menor ruído.

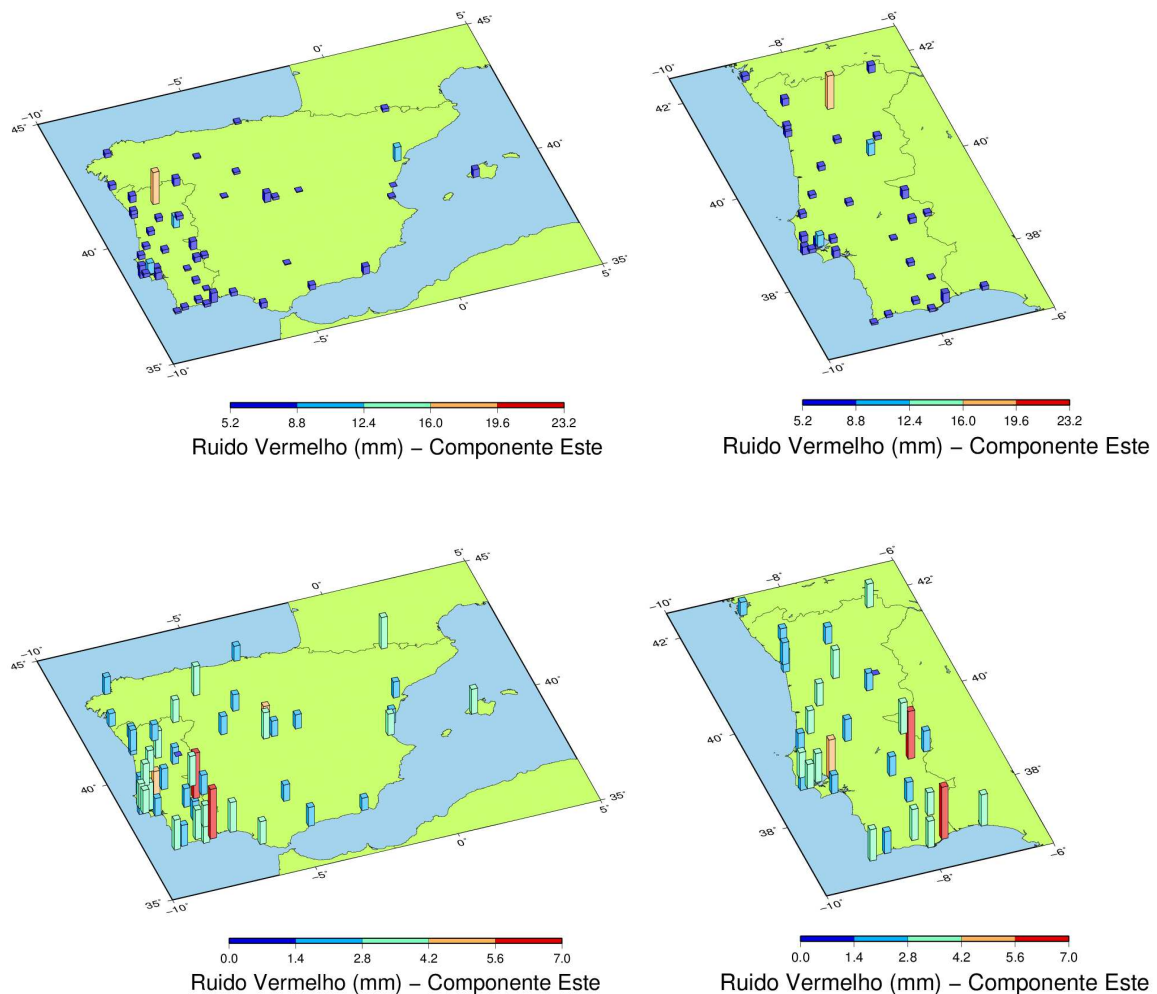


Figura 4-29 - Ruído vermelho para a componente Este, considerando modelo simples de ruído vermelho com sinusóide anual (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).

A componente Vertical apresenta um ruído vermelho bastante superior à componente Norte e Este. Analisando a Tabela 4-19, as estações de FLRS e VREA são as que registam destacadamente os maiores valores, seguidas logo por IMMA, EBRE, FUNC, PDEL, AZGR, MAD2, IGEO e ESCO. Estas estações, quando analisadas pela combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho, apresentam valores elevados de ruído branco, o que é um indicador que este ruído é o que traduz de melhor forma o ruído existente na série. Do grupo de estações referido anteriormente, PDEL, FUNC, EBRE e FLRS são aquelas que, perante a combinação de modelos, sofrem, de acordo com a Tabela 4-20, a maior redução percentual de ruído vermelho, passando a estar entre os menores valores de ruído vermelho. No caso da série FLRS, essa redução é total e todo o ruído da série é assumido como ruído branco. Segundo a Tabela D-7 (Anexo D), estas estações incluem-se no grupo de estações que apresentam menor ruído total, em que o somatório do ruído branco com ruído vermelho, determinados a partir da combinação de modelos, está entre os menores

ruídos calculados. Pela análise da Tabela 4-20 e da Tabela 4-21 salienta-se que as estações com maior redução percentual de ruído vermelho também são as que apresentam menores valores de ruído total, com exceção para VREA que, além de uma elevada redução percentual de ruído vermelho, apresenta também um ruído total elevado.

Considerando a combinação de ruído branco com ruído vermelho, as séries VALA, MAD2, MADR, GUAR, BORB, HUEL, SMAM, MALL e IGEO são as que apresentam maiores valores de ruído vermelho e também são as que têm maior ruído total.

IGEO e MAD2 são as únicas séries que têm valores de ruído vermelho elevados e que considerando a combinação de modelos continuam entre as estações com os maiores valores de ruído vermelho.

As séries de BORB e HUEL incluem-se no grupo de estações com ruído vermelho reduzido. Estas duas estações quando são processadas com a combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho, sofrem uma diminuta redução percentual de ruído vermelho (Tabela 4-20), apresentando valores de ruído vermelho entre os maiores registados neste estudo, que corresponde naturalmente a pequenos valores de ruído branco (Tabela 4-6). Ao examinar a Tabela 4-21, é possível verificar que BORB e HUEL estão incluídas no grupo das dez estações que detêm os maiores valores de ruído total.

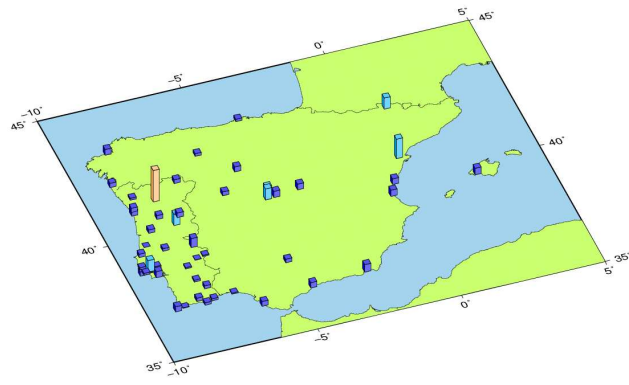
As séries de GUAR, MADR e VALA não constam entre os maiores valores de ruído vermelho e, quando processadas com a combinação de ruído vermelho e ruído branco, sofrem uma pequena redução percentual de ruído vermelho, passando a vigorarem entre as estações com maior ruído. Consultando a Tabela 4-21, observa-se que estas estações surgem no grupo das séries que apresentam maior ruído total e que grande parte do ruído presente na série é traduzido, de melhor forma, por ruído vermelho.

Tabela 4-19 - Valores mínimos e máximos de ruído vermelho para a componente Vertical, considerando o modelo de ruído vermelho e a combinação de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).

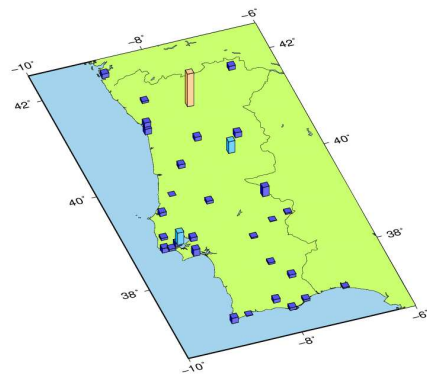
Componente Vertical	Ruído Vermelho			
	ID Estação	Ruído Vermelho	ID Estação	RB + RV
Valores Mínimos (mm)	LEIR	17.11	FLRS	0.00
	BORB	17.34	FUNC	3.66
	LAGO	17.41	ESPI	5.28
	HUEL	17.89	ARRA	6.14
	EVOR	18.03	EBRE	6.20
	ELVA	18.07	CASC	6.51
	BEJE	18.44	CANT	7.34
	BRAG	18.60	CRAI	7.63
	PACO	18.66	PDEL	7.79
	MAFR	18.73	TAVI	8.17
Valores Máximos (mm)	ESCO	26.21	IGEO	11.55
	IGEO	26.43	MALL	11.96
	MAD2	27.79	SMAM	12.02
	AZGR	28.80	COBA	12.09
	PDEL	28.96	HUEL	12.82
	FUNC	30.25	BORB	13.36
	EBRE	32.98	GUAR	14.02
	IMMA	33.71	MADR	14.37
	VREA	42.84	MAD2	14.48
	FLRS	58.19	VALA	15.02

Tabela 4-20 - Valores mínimos e máximos, para a componente Vertical do ruído vermelho, de redução percentual, entre a combinação de modelos de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV) e o modelo simples de ruído vermelho.

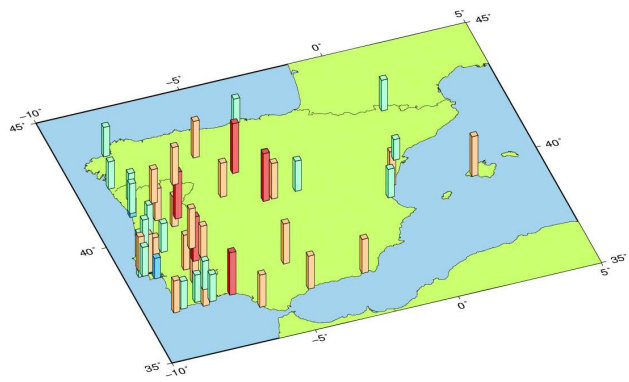
Componente Vertical	Redução da Amplitude de Ruído Vermelho	
	ID Est.	RB+RV
Valores Mínimos (%)	BORB	22.95
	HUEL	28.32
	VALA	29.34
	GUAR	32.83
	COBA	39.31
	EVOR	41.79
	LEON	42.62
	TMAD	43.66
	MADR	44.88
	MAFR	45.50
Valores Máximos (%)	ESCO	64.64
	CASC	68.27
	ARRA	72.05
	PDEL	73.10
	IMMA	73.23
	ESPI	75.43
	VREA	76.33
	EBRE	81.19
	FUNC	87.90
	FLRS	100.00



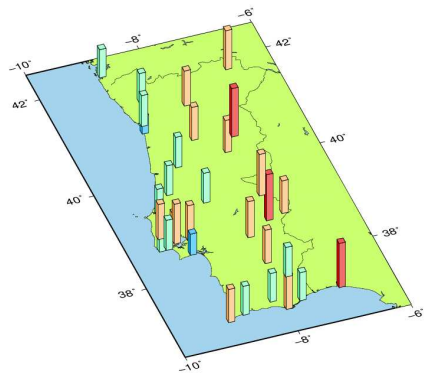
Ruido Vermelho (mm) – Componente Vertical



Ruido Vermelho (mm) – Componente Vertical



Ruido Vermelho (mm) – Componente Vertical



Ruido Vermelho (mm) – Componente Vertical

Figura 4-30 - Ruído vermelho para a componente Vertical, considerando modelo simples de ruído vermelho (superior) e combinação de modelo de ruído branco com ruído vermelho (inferior).

Tabela 4-21 - Ruído total da série quando considerada a combinação de ruído branco com ruído vermelho.

Ruído Total	Ruído Branco + Ruído Vermelho					
	ID Estação	N	ID Estação	E	ID Estação	V
Valores Mínimos (mm)	TMAD	0.72	GUAR	0.78	FLRS	6.68
	PDEL	1.26	BRAG	2.34	FUNC	6.86
	ARRA	1.38	BORR	2.34	ESPI	7.55
	SMGR	1.40	YEBE	2.37	ARRA	8.28
	COIM	1.64	VIGO	2.40	CASC	8.50
	CASC	1.76	ALME	2.41	CANT	9.12
	SMAM	1.77	CANT	2.54	CRAI	9.46
	COVI	1.87	VILL	2.62	EBRE	9.52
	GUAR	2.03	COBA	2.65	LAGO	9.91
	BORR	2.04	VALA	2.72	TAVI	9.94
Valores Máximos (mm)	LEON	3.46	HUEL	4.46	MALL	13.86
	WISE	3.46	IGEO	4.48	IGEO	13.99
	FUNC	3.56	ESCO	4.62	HUEL	14.06
	TAVI	3.60	SMAM	4.71	SMAM	14.24
	EBRE	3.90	MAD2	4.91	BORB	14.47
	MAFR	3.94	IMMA	5.21	VREA	14.59
	VREA	4.84	AZGR	5.28	GUAR	15.58
	MALL	5.02	ALCO	5.40	VALA	16.52
	MADR	5.07	BORB	6.37	MADR	16.57
	IMMA	5.35	TAVI	7.14	MAD2	16.90

4.3.2.4 Análise do Ruído Colorido com Índices Espectrais Decimais

Se o índice espectral não for especificado, o CATS não assume o ruído como sendo branco, rosa ou vermelho e vai tentar resolver o índice de forma a minimizar os valores de ruído. Neste processamento foi encontrado o ruído mínimo para cada série, apresentado graficamente na Figura 4-31, e o índice espectral que melhor contribuiu para essa otimização, também apresentado na Figura 4-32. Na Tabela 4-22 são apresentados os dez valores mínimos e máximos de ruído determinados neste estudo e o respectivo índice que conduziu a esse valor. A Tabela 4-23, que resulta do mesmo processamento de dados, de forma muito semelhante à anterior, apresenta os dez valores mínimos e máximos de índice espectral e o ruído correspondente.

Tabela 4-22 - Valores mínimos e máximos de ruído colorido e respectivos índices espectrais.

	Ruído Colorido com Índices Decimais Correspondentes								
	N			E			V		
	ID Estação	Ruído (mm)	Índice Espectral	ID Estação	Ruído (mm)	Índice Espectral	ID Estação	Ruído (mm)	Índice Espectral
Valores Mínimos	TMAD	0.91	-0.25	GUAR	1.19	-0.46	BENA	4.69	-0.69
	SMGR	1.12	-0.53	ELVA	1.61	-0.76	ESPI	5.45	-0.76
	GUAR	1.28	-0.59	VALA	1.64	-0.85	MERT	5.74	-0.89
	ELVA	1.38	-0.69	COBA	1.68	-0.90	FUNC	5.77	-0.55
	SMAM	1.39	-0.54	MERT	1.68	-0.90	PACO	5.81	-0.94
	MERT	1.45	-0.85	VIGO	1.69	-0.71	SMGR	5.88	-0.92
	BORR	1.48	-0.68	COVI	1.76	-0.51	PDEL	5.95	-0.60
	PACO	1.53	-0.72	SMGR	1.79	-0.83	CASC	5.95	-0.86
	ALCO	1.55	-0.80	SALA	1.83	-0.98	TAVI	5.96	-0.95
	SALA	1.58	-0.90	BORR	1.84	-1.06	ARRA	6.12	-0.83
Valores Máximos	VALE	2.92	-1.24	SFER	3.44	-1.32	VILL	8.99	-1.15
	EBRE	2.98	-1.00	MADR	3.49	-1.15	VREA	9.29	-0.63
	MAFR	3.01	-1.09	IGEO	3.72	-1.16	FLRS	9.35	-0.36
	SFER	3.02	-1.16	ALCO	3.72	-1.43	MALL	9.36	-1.16
	IGEO	3.18	-1.03	MALL	3.81	-1.31	COBA	9.50	-1.28
	MAD2	3.96	-1.24	VREA	3.82	-0.71	IMMA	10.58	-0.92
	MADR	3.99	-1.16	IMMA	4.22	-1.17	IGEO	10.78	-1.14
	IMMA	4.16	-1.16	TAVI	4.58	-1.39	MAD2	13.46	-1.30
	VREA	4.30	-0.70	BORB	4.72	-1.62	VALA	13.57	-1.57
	MALL	4.63	-1.50	MAD2	5.94	-1.76	MADR	13.58	-1.37

Como seria de esperar, também as amplitudes de ruído colorido aumentam pela ordem Norte, Este e Vertical e comparando as amplitudes de ruído obtidas por índices espectrais decimais com as amplitudes determinadas para os restantes modelos processados, conclui-se que a flexibilização no valor dos índices espectrais conduz a uma optimização nos processos de estimação e intrinsecamente a uma redução dos valores de ruído registados. Consultando a Tabela D-8 (Anexo D), é possível verificar comparativamente que, na grande maioria das situações, as amplitudes de ruído são menores para o modelo de ruído colorido com índices espectrais decimais, aumentando pela ordem da combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa, modelo de ruído rosa, combinação de ruído branco com ruído vermelho e por último, com os valores mais elevados de ruído, o modelo de ruído vermelho.

Através da Tabela 4-22 e Tabela 4-23 analisa-se que aos maiores ruídos, nas três componentes, correspondem os maiores índices espectrais (em termos absolutos). De forma oposta, os menores valores de ruído são estimados com os menores índices espectrais.

Tabela 4-23 - Valores mínimos e máximos de índices espectrais e respectivo ruído colorido.

	Índices Decimais com Ruído Colorido Correspondente								
	N			E			V		
	ID Estação	Ruído (mm)	Índice Espectral	ID Estação	Ruído (mm)	Índice Espectral	ID Estação	Ruído (mm)	Índice Espectral
Valores Mínimos	MALL	4.63	-1.50	MAD2	5.94	-1.76	VALA	13.57	-1.57
	VALE	2.92	-1.24	BORB	4.72	-1.62	MADR	13.58	-1.37
	MAD2	3.96	-1.24	ALCO	3.72	-1.43	MAD2	13.46	-1.30
	IMMA	4.16	-1.16	ESCO	3.42	-1.40	COBA	9.50	-1.28
	MADR	3.99	-1.16	TAVI	4.58	-1.39	BORB	7.83	-1.25
	SFER	3.02	-1.16	SFER	3.44	-1.32	HUEL	7.92	-1.24
	WISE	2.39	-1.09	LEON	2.72	-1.32	EVOR	7.94	-1.21
	MAFR	3.01	-1.09	MALL	3.81	-1.31	LAGO	7.43	-1.20
	TAVI	2.27	-1.08	BENA	2.99	-1.28	MAFR	7.94	-1.17
GAIA	2.36	-1.08	HUEL	2.94	-1.27	SALA	8.43	-1.17	
Valores Máximos	COIM	1.72	-0.64	ALME	1.93	-0.77	MERT	5.74	-0.89
	COVI	1.67	-0.61	ELVA	1.61	-0.76	CASC	5.95	-0.86
	GUAR	1.28	-0.59	BRAG	1.89	-0.75	ARRA	6.12	-0.83
	CASC	1.59	-0.59	TMAD	1.93	-0.74	ESPI	5.45	-0.76
	SMAM	1.39	-0.54	VIGO	1.69	-0.71	BENA	4.69	-0.69
	SMGR	1.12	-0.53	PDEL	2.25	-0.71	EBRE	7.48	-0.66
	ARRA	2.35	-0.51	VREA	3.82	-0.71	VREA	9.29	-0.63
	PDEL	1.97	-0.49	COVI	1.76	-0.51	PDEL	5.95	-0.60
	FLRS	1.93	-0.42	GUAR	1.19	-0.46	FUNC	5.77	-0.55
	TMAD	0.91	-0.25	FLRS	3.42	-0.31	FLRS	9.35	-0.36

Destaca-se a série de VREA, que para a componente Este e Vertical, está entre os maiores valores de ruído, estando também o índice espectral que otimiza a sua amplitude de ruído entre os maiores valores registados. O mesmo acontece para a estação de FLRS, mas neste caso somente para a componente Vertical.

As séries de MALL, VREA, IMMA, MADR, MAD2, IGEO e SFER são as que consistentemente apresentam valores elevados de ruído nas três componentes. SMGR e MERT são as únicas estações que para as três componentes apresentam valores reduzidos de ruído. ALCO, COBA, TAVI e VALA são estações que para as componentes Norte, Este e Vertical tanto exibem ruídos de valores altos como baixos, não existindo a possibilidade de afirmar que estas são estações com valores de ruído reduzidos ou elevados.

Efectuando a média dos diversos índices espectrais calculados para as três componentes, obtém-se o valor médio de -0.97 ± 0.10 e sendo este aproximadamente -1, poder-se-á assumir, em concordância com outros estudos também já referidos, que o modelo de ruído rosa é o modelo adequado para o ruído temporalmente correlacionado destas séries temporais. No estudo de Mao *et al.* [1999], a média do índice espectral, para as três componentes varia entre -0.74 e -1.02, dependendo da técnica de janela utilizada, sendo -1.02 quando é considerado apenas as séries que convergiram ou -0.98 quando também são estimados os índices das séries que não convergiram. No estudo de Zhang *et al.* [1997], o ruído foi caracterizado como um processo de ruído fractal com índice espectral de -0.4 ± 0.1 .

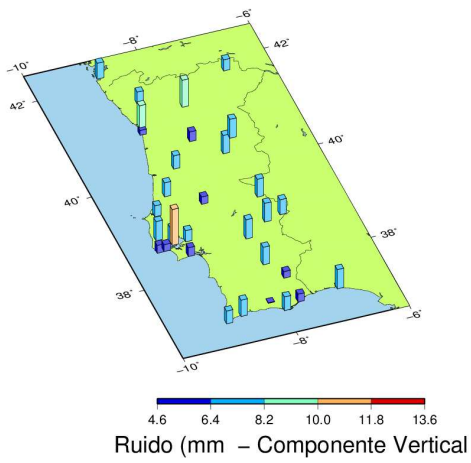
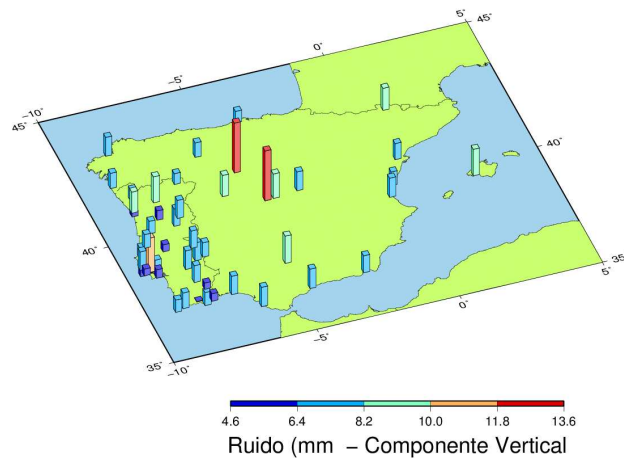
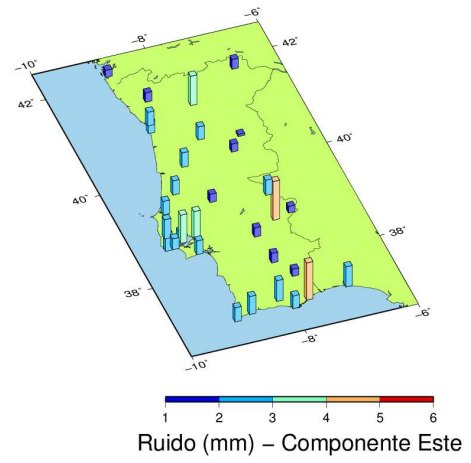
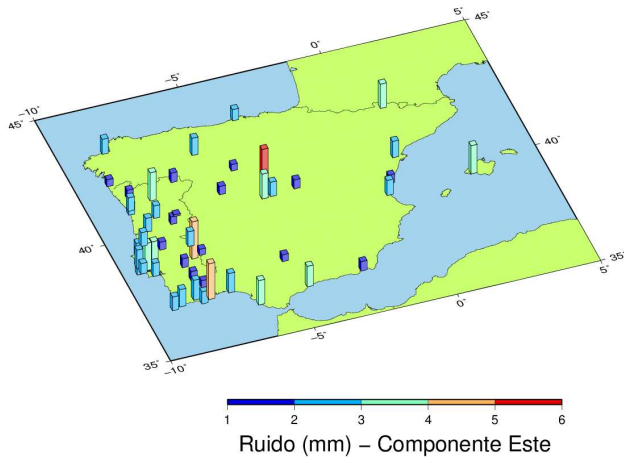
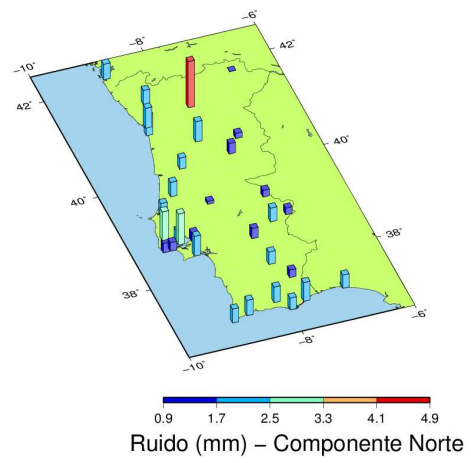
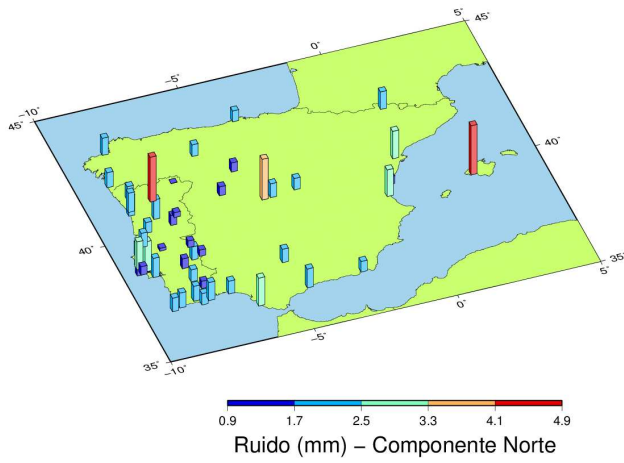


Figura 4-31 - Ruído colorido considerando sinusóide anual, para a componente Norte, Este e Vertical.

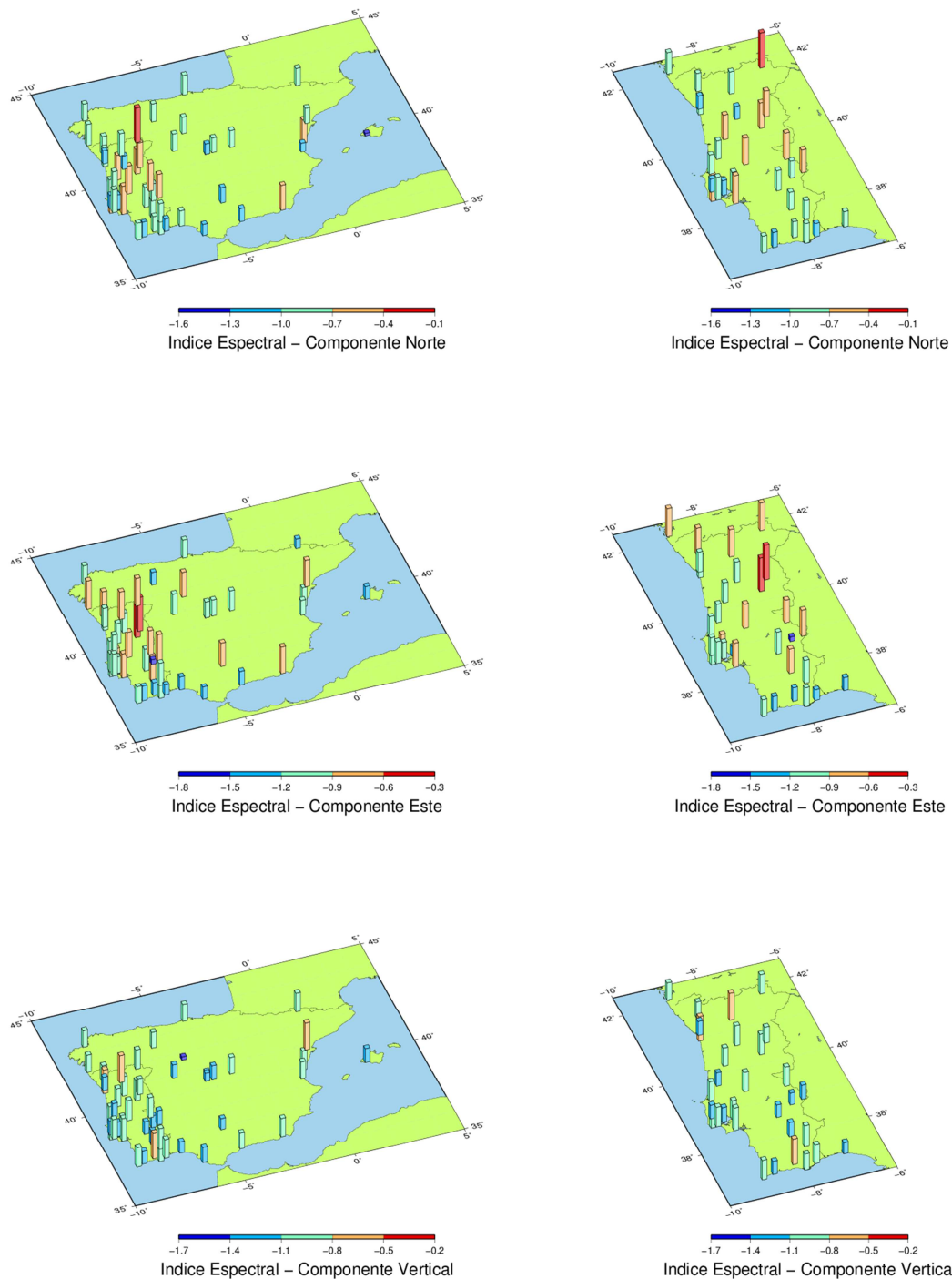


Figura 4-32 - Índice espectral estimado, considerando sinusóide anual, para a componente Norte, Este e Vertical.

4.3.3 Caracterização e Análise das Incertezas das Velocidades

A partir dos vários processamentos efectuados, utilizando o CATS e diferentes modelos ou combinações de modelos ruído, foram estimados valores para as incertezas das velocidades das estações. Após perceber qual a combinação que

melhor caracteriza o ruído presente nas séries temporais, ir-se-á avaliar as incertezas obtidas e perceber como variam quando são estimadas com ruído branco, com ruído colorido ou considerando somente os efeitos sazonais. Por último serão estabelecidas algumas correlações, de forma a determinar um factor de conversão empírico que possibilite calcular incertezas verdadeiras, quando não existe oportunidade de desenvolver cálculos mais rigorosos. Nesta fase, ir-se-á comparar as incertezas obtidas pela combinação de ruído branco com ruído rosa e as incertezas realistas determinadas pelo GGMatlab, no sentido de estabelecer uma relação entre os diferentes métodos de estimação. No final será efectuada uma comparação com os estudos já referidos anteriormente, focando os factores de conversão para a correlação ruído branco mais ruído rosa *versus* ruído branco, percebendo se os valores apontados nas suas conclusões são ajustados à área da Península Ibérica.

Analisando as incertezas obtidas para as velocidades, determinadas a partir dos processamentos executados, considerando diferentes modelos de ruído e combinações de modelos (Anexo D, Tabela D-9), conclui-se que as séries temporais com maior número de registos são as que apresentam menores incertezas. Para todos os processamentos efectuados, inclusive para as incertezas fornecidas pelo GGMatlab, verifica-se a relação de proporcionalidade entre as incertezas obtidas e as dimensões da série temporal. Também à semelhança dos valores de ruído, as incertezas aumentam de valor na ordem da componente Norte, Este e Vertical.

Na Tabela 4-24 à Tabela 4-26 são apresentados, para as três componentes, os valores máximos e mínimos das incertezas determinadas utilizando o modelo de ruído branco e para a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa ou ruído vermelho.

Tabela 4-24 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para a componente Norte, considerando o modelo de ruído branco e as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).

Componente Norte	Incertezas da Velocidade									
	Ruído Branco					Combinação com Ruído Branco				
	ID Est.	Sem sinusóide	ID Est.	Sinusóide anual	ID Est.	Sinusóide anual e semestral	ID Est.	RB + RR (anual)	ID Est.	RB + RV (anual)
Valores Mínimos (mm/ano)	CASC	0.01	CASC	0.01	CASC	0.01	CASC	0.05	PDEL	0.04
	YEBE	0.01	YEBE	0.01	YEBE	0.01	YEBE	0.07	ARRA	0.09
	LAGO	0.01	LAGO	0.01	LAGO	0.01	LAGO	0.08	TMAD	0.16
	ESCO	0.02	ESCO	0.01	ESCO	0.01	ESCO	0.08	CASC	0.27
	EBRE	0.02	ALME	0.01	ALME	0.01	ALME	0.08	COIM	0.37
	ALME	0.02	EBRE	0.02	EBRE	0.02	GAIA	0.09	SMGR	0.37
	GAIA	0.02	GAIA	0.02	GAIA	0.02	VILL	0.09	FLRS	0.49
	CANT	0.02	CANT	0.02	CANT	0.02	CANT	0.10	ALME	0.51
	VILL	0.02	MADR	0.02	MADR	0.02	EBRE	0.11	COVI	0.53
	MADR	0.02	VILL	0.02	VILL	0.02	MAD2	0.11	YEBE	0.53
Valores Máximos (mm/ano)	GUAR	0.10	GUAR	0.09	GUAR	0.09	SMAM	0.29	HUEL	1.31
	FLRS	0.10	ARRA	0.09	ARRA	0.09	MERT	0.29	MALL	1.33
	SMAM	0.11	AZGR	0.10	BENA	0.09	FUNC	0.31	MAFR	1.34
	MAFR	0.11	BENA	0.10	FLRS	0.10	VALA	0.32	FUNC	1.36
	BENA	0.12	FLRS	0.10	AZGR	0.10	TAVI	0.33	WISE	1.38
	VREA	0.13	LEON	0.10	LEON	0.10	AZGR	0.36	VREA	1.41
	TAVI	0.14	SMAM	0.11	SMAM	0.11	BENA	0.37	IMMA	1.41
	LEON	0.16	VREA	0.13	VREA	0.13	LEON	0.42	BORB	1.58
	TMAD	0.20	TMAD	0.16	BORB	0.16	VREA	0.47	TAVI	1.66
	BORB	0.30	BORB	0.19	TMAD	0.16	BORB	0.56	LEON	1.89

Tabela 4-25 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para a componente Este, considerando o modelo de ruído branco e as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).

Componente Este	Incertezas da Velocidade									
	Ruído Branco					Combinação com Ruído Branco				
	ID Est.	Sem sinusóide	ID Est.	Sinusóide anual	ID Est.	Sinusóide anual e semestral	ID Est.	RB + RR (anual)	ID Est.	RB + RV (anual)
Valores Mínimos (mm/ano)	YEBE	0.01	YEBE	0.01	YEBE	0.01	YEBE	0.07	GUAR	0.09
	CASC	0.02	GAIA	0.01	GAIA	0.01	LAGO	0.08	ALME	0.50
	ALME	0.02	ALME	0.02	ESCO	0.01	ALME	0.08	YEBE	0.55
	GAIA	0.02	EBRE	0.02	EBRE	0.02	GAIA	0.09	VILL	0.57
	LAGO	0.02	CASC	0.02	ALME	0.02	ESCO	0.09	FLRS	0.59
	EBRE	0.02	ESCO	0.02	CASC	0.02	EBRE	0.09	EBRE	0.61
	MADR	0.02	LAGO	0.02	LAGO	0.02	CASC	0.10	CASC	0.66
	ESCO	0.02	MADR	0.02	MADR	0.02	VILL	0.10	VIGO	0.69
	COBA	0.03	CANT	0.02	CANT	0.02	CANT	0.11	ACOR	0.70
	CANT	0.03	COBA	0.03	COBA	0.02	VALE	0.12	CANT	0.71
Valores Máximos (mm/ano)	VALA	0.12	AZGR	0.11	AZGR	0.10	MERT	0.33	HUEL	1.91
	VREA	0.12	ALCO	0.11	ALCO	0.11	VREA	0.39	ALCO	2.05
	ALCO	0.13	BENA	0.12	BENA	0.11	FLRS	0.41	SAGR	2.12
	BENA	0.14	LEON	0.12	LEON	0.12	BENA	0.42	BENA	2.28
	SMAM	0.17	VREA	0.12	VREA	0.12	LEON	0.44	AZGR	2.33
	LEON	0.19	TAVI	0.14	TAVI	0.13	AZGR	0.49	SMAM	2.33
	FLRS	0.20	SMAM	0.15	SMAM	0.15	TAVI	0.50	TMAD	2.39
	TMAD	0.23	FLRS	0.19	FLRS	0.19	SMAM	0.53	LEON	2.47
	TAVI	0.30	TMAD	0.23	TMAD	0.19	TMAD	0.75	TAVI	3.58
	BORB	0.52	BORB	0.35	BORB	0.30	BORB	0.80	BORB	4.06

Tabela 4-26 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para a componente Vertical, considerando o modelo de ruído branco e as combinações de ruído branco com ruído rosa (RB+RR) ou ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).

Componente Vertical	Incertezas da Velocidade									
	Ruído Branco					Combinação com Ruído Branco				
	ID Est.	Sem sinusóide	ID Est.	Sinusóide anual	ID Est.	Sinusóide anual e semestral	ID Est.	RB + RR (anual)	ID Est.	RB + RV (anual)
Valores Mínimos (mm/ano)	CASC	0.03	CASC	0.03	CASC	0.03	CASC	0.23	FLRS	0.49
	LAGO	0.05	LAGO	0.04	LAGO	0.04	LAGO	0.23	CASC	1.77
	EBRE	0.05	EBRE	0.05	EBRE	0.04	EBRE	0.28	EBRE	1.80
	YEBE	0.05	ESCO	0.05	ESCO	0.05	GAIA	0.28	FUNC	1.82
	GAIA	0.06	YEBE	0.05	YEBE	0.05	YEBE	0.29	LAGO	2.45
	ALME	0.06	GAIA	0.05	GAIA	0.05	VILL	0.32	ESPI	2.47
	CANT	0.07	ALME	0.05	ALME	0.05	ESCO	0.33	ARRA	2.59
	ESCO	0.07	CANT	0.06	CANT	0.06	SFER	0.34	CANT	2.62
	MALL	0.09	MALL	0.08	MALL	0.08	MAD2	0.36	SFER	2.65
	VILL	0.09	SFER	0.08	SFER	0.08	CANT	0.37	VALE	2.67
Valores Máximos (mm/ano)	SALA	0.30	SALA	0.27	MERT	0.27	MERT	1.13	IGEO	5.10
	MERT	0.31	VREA	0.28	VREA	0.27	VREA	1.21	SAGR	5.19
	AZGR	0.35	AZGR	0.35	AZGR	0.34	FLRS	1.22	AZGR	5.73
	LEON	0.43	GUAR	0.38	GUAR	0.34	AZGR	1.33	HUEL	6.20
	SMAM	0.48	LEON	0.38	LEON	0.37	GUAR	1.43	LEON	7.08
	FLRS	0.50	SMAM	0.47	SMAM	0.47	LEON	1.44	SMAM	7.11
	GUAR	0.59	FLRS	0.49	FLRS	0.48	SMAM	1.58	VALA	8.16
	VALA	0.61	BORB	0.57	BORB	0.55	VALA	1.60	GUAR	8.45
	BORB	0.73	VALA	0.58	VALA	0.55	BORB	1.80	TMAD	8.99
	TMAD	0.97	TMAD	0.66	TMAD	0.62	TMAD	2.35	BORB	9.03

Observando apenas o modelo de ruído branco, os menores valores de incertezas são obtidas quando é considerado o termo anual e semi-anual e os valores mais elevados são obtidos quando não é considerando qualquer componente sazonal. Para as combinações de ruído rosa ou ruído vermelho com ruído branco, os valores de incertezas são superiores, sendo a combinação de ruído branco com ruído vermelho a que destacadamente apresenta maiores incertezas.

Na Tabela 4-27 e Tabela 4-28 estão ordenadas as maiores e menores incertezas de velocidades para o ruído rosa e ruído vermelho, respectivamente; em cada uma destas tabelas é também apresentado os valores das incertezas para as combinações com ruído branco. As incertezas para o ruído rosa são menores que as determinadas para o ruído vermelho e, de uma forma geral, ambos os ruídos referidos quando combinados com ruído branco conduzem a uma diminuição nos valores das suas incertezas. No caso do ruído vermelho as incertezas são notoriamente elevadas e a combinação de ruído vermelho com ruído branco provoca uma larga redução nas incertezas das velocidades.

Tabela 4-27 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para o modelo de ruído rosa (RR) e combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa (RB+RR).

	Incertezas da Velocidade - Modelo de Ruído Rosa											
	N				E				V			
	ID Est.	RR	ID Est.	RB + RR	ID Est.	RR	ID Est.	RB + RR	ID Est.	RR	ID Est.	RB + RR
Valores Mínimos (mm/ano)	YEBE	0.07	CASC	0.05	YEBE	0.07	YEBE	0.07	LAGO	0.23	CASC	0.23
	LAGO	0.08	YEBE	0.07	LAGO	0.08	LAGO	0.08	CASC	0.25	LAGO	0.23
	GAIA	0.09	LAGO	0.08	GAIA	0.09	ALME	0.08	GAIA	0.28	EBRE	0.28
	CASC	0.09	ESCO	0.08	ESCO	0.09	GAIA	0.09	YEBE	0.29	GAIA	0.28
	ESCO	0.09	ALME	0.08	CASC	0.10	ESCO	0.09	ESCO	0.33	YEBE	0.29
	VILL	0.09	GAIA	0.09	VILL	0.10	EBRE	0.09	SFER	0.34	VILL	0.32
	EBRE	0.11	VILL	0.09	CANT	0.11	CASC	0.10	MAD2	0.36	ESCO	0.33
	MAD2	0.11	CANT	0.10	VALE	0.12	VILL	0.10	CANT	0.37	SFER	0.34
	ALME	0.12	EBRE	0.11	ALME	0.12	CANT	0.11	VILL	0.37	MAD2	0.36
	CANT	0.12	MAD2	0.11	EBRE	0.12	VALE	0.12	ALME	0.37	CANT	0.37
Valores Máximos (mm/ano)	ARRA	0.37	SMAM	0.29	BENA	0.42	MERT	0.33	BENA	1.16	MERT	1.13
	BENA	0.38	MERT	0.29	GUAR	0.42	VREA	0.39	GUAR	1.43	VREA	1.21
	GUAR	0.39	FUNC	0.31	LEON	0.44	FLRS	0.41	AZGR	1.44	FLRS	1.22
	LEON	0.43	VALA	0.32	TAVI	0.50	BENA	0.42	LEON	1.44	AZGR	1.33
	SMAM	0.43	TAVI	0.33	SMAM	0.53	LEON	0.44	SMAM	1.58	GUAR	1.43
	AZGR	0.46	AZGR	0.36	AZGR	0.53	AZGR	0.49	VALA	1.60	LEON	1.44
	FLRS	0.55	BENA	0.37	VREA	0.62	TAVI	0.50	VREA	1.63	SMAM	1.58
	BORB	0.58	LEON	0.42	BORB	0.80	SMAM	0.53	BORB	1.80	VALA	1.60
	TMAD	0.69	VREA	0.47	TMAD	0.87	TMAD	0.75	TMAD	2.35	BORB	1.80
	VREA	0.70	BORB	0.56	FLRS	1.10	BORB	0.80	FLRS	2.84	TMAD	2.35

Tabela 4-28 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para o modelo de ruído vermelho (RV) e combinação de modelos de ruído branco com ruído vermelho (RB+RV).

	Incertezas da Velocidade - Modelo de Ruído Vermelho											
	N				E				V			
	ID Est.	RV	ID Est.	RB + RV	ID Est.	RV	ID Est.	RB + RV	ID Est.	RV	ID Est.	RB + RV
Valores Mínimos (mm/ano)	VILL	1.58	PDEL	0.04	YEBE	1.61	GUAR	0.09	LAGO	5.09	FLRS	0.49
	YEBE	1.65	ARRA	0.09	VILL	1.68	ALME	0.50	CASC	5.56	CASC	1.77
	LAGO	1.72	TMAD	0.16	VALE	1.77	YEBE	0.55	SFER	5.69	EBRE	1.80
	GAIA	1.91	CASC	0.27	LAGO	1.80	VILL	0.57	VILL	6.07	FUNC	1.82
	SFER	2.01	COIM	0.37	ESCO	1.81	FLRS	0.59	GAIA	6.12	LAGO	2.45
	VALE	2.01	SMGR	0.37	SFER	1.91	EBRE	0.61	YEBE	6.47	ESPI	2.47
	ACOR	2.07	FLRS	0.49	GAIA	1.95	CASC	0.66	ACOR	6.61	ARRA	2.59
	CASC	2.07	ALME	0.51	ACOR	2.04	VIGO	0.69	MALL	6.76	CANT	2.62
	ESCO	2.14	COVI	0.53	MAD2	2.05	ACOR	0.70	CANT	6.77	SFER	2.65
	COBA	2.25	YEBE	0.53	CANT	2.08	CANT	0.71	VALE	6.84	VALE	2.67
Valores Máximos (mm/ano)	COVI	4.02	HUEL	1.31	GUAR	3.94	HUEL	1.91	BORB	11.66	IGEO	5.10
	BORB	4.12	MALL	1.33	IGEO	4.01	ALCO	2.05	LEON	12.27	SAGR	5.19
	PDEL	4.14	MAFR	1.34	COVI	4.63	SAGR	2.12	GUAR	12.53	AZGR	5.73
	ESPI	4.15	FUNC	1.36	BORB	4.70	BENA	2.28	COVI	13.13	HUEL	6.20
	SMAM	4.17	WISE	1.38	TAVI	4.71	AZGR	2.33	SMAM	14.34	LEON	7.08
	AZGR	5.02	VREA	1.41	SMAM	4.76	SMAM	2.33	FUNC	14.66	SMAM	7.11
	ARRA	5.03	IMMA	1.41	AZGR	5.69	TMAD	2.39	AZGR	15.51	VALA	8.16
	TMAD	5.06	BORB	1.58	TMAD	6.12	LEON	2.47	TMAD	15.77	GUAR	8.45
	FLRS	6.15	TAVI	1.66	VREA	7.95	TAVI	3.58	VREA	20.34	TMAD	8.99
	VREA	8.96	LEON	1.89	FLRS	12.51	BORB	4.06	FLRS	31.42	BORB	9.03

Na Tabela 4-29 é apresentado os valores das incertezas obtidas pelo modelo de ruído colorido com índices espectrais decimais e as incertezas obtidas pelo GGMatlab.

Examinando as amplitudes das incertezas dos modelos que eliminam a sazonalidade anual (ruído branco, ruído rosa, ruído vermelho, ruído branco + ruído rosa, ruído branco + ruído vermelho, ruído colorido e GGMatlab), é possível comprovar que as

menores incertezas são obtidas para o modelo de ruído branco (incertezas demasiado optimistas). No caso de não considerar este modelo de ruído branco puro, os menores valores de incertezas são obtidos, na sua grande maioria, para as que foram obtidas utilizando o GGMatlab.

Tabela 4-29 - Valores mínimos e máximos de incerteza da velocidade da estação para o modelo de ruído de índices espectrais decimais e incertezas devolvidas pelo GGMatlab.

	Ruído Colorido com Índices Decimais						GGMatlab					
	N		E		V		N		E		V	
	ID Est.	Incerteza	ID Est.	Incerteza	ID Est.	Incerteza	ID Est.	Incerteza	ID Est.	Incerteza	ID Est.	Incerteza
Valores Mínimos (mm/ano)	CASC	0.03	ALME	0.07	EBRE	0.16	YEBE	0.03	CASC	0.03	EBRE	0.08
	ALME	0.05	EBRE	0.07	CASC	0.17	ALME	0.04	COBA	0.04	ESCO	0.11
	YEBE	0.06	YEBE	0.08	ESCO	0.29	CANT	0.04	GAIA	0.04	CASC	0.14
	ESCO	0.07	VIGO	0.09	PDEL	0.31	CASC	0.04	YEBE	0.04	PDEL	0.14
	CANT	0.07	GAIA	0.10	YEBE	0.35	ESCO	0.04	BEJE	0.05	CANT	0.16
	LAGO	0.08	CASC	0.10	ALME	0.36	VALE	0.04	ESCO	0.05	SFER	0.21
	SMGR	0.08	FCUL	0.12	CANT	0.38	LAGO	0.05	EVOR	0.05	YEBE	0.22
	VILL	0.09	COBA	0.12	LAGO	0.39	SFER	0.05	VIGO	0.05	COIM	0.23
	PDEL	0.09	PDEL	0.13	SFER	0.41	EBRE	0.06	EBRE	0.06	WISE	0.25
	COIM	0.10	CANT	0.13	IMMA	0.42	SMGR	0.06	FCUL	0.06	ACOR	0.26
Valores Máximos (mm/ano)	VALA	0.30	SAGR	0.42	COBA	1.16	IMMA	0.22	BORR	0.30	SMAM	0.72
	MAFR	0.31	SMAM	0.44	ELVA	1.19	IGEO	0.25	ALCO	0.32	IGEO	0.74
	WISE	0.32	HUEL	0.49	HUEL	1.27	BENA	0.26	BENA	0.37	SALA	0.74
	FUNC	0.32	TMAD	0.59	AZGR	1.31	FUNC	0.27	TMAD	0.37	GUAR	0.77
	BENA	0.36	ALCO	0.64	SMAM	1.40	VALA	0.27	TAVI	0.38	MADR	0.83
	LEON	0.36	BENA	0.70	GUAR	1.66	AZGR	0.29	IGEO	0.43	LEON	0.88
	TAVI	0.38	LEON	0.79	LEON	1.69	MALA	0.31	MALA	0.48	BORB	0.90
	VREA	0.39	MAD2	0.95	TMAD	2.21	ESPI	0.35	VREA	0.50	TMAD	1.12
	MALL	0.49	TAVI	1.09	BORB	2.57	VREA	0.41	MALL	0.54	AZGR	1.30
	BORB	0.54	BORB	2.09	VALA	4.36	BORB	0.48	BORB	0.99	VALA	1.52

Por oposição as maiores incertezas são registadas quando os dados das séries são processados através do modelo de ruído vermelho e, no caso de não considerar este modelo, os maiores valores são obtidos com a combinação de modelos de ruído branco com ruído vermelho. Neste sentido pode-se, salvo algumas excepções afirmar que as incertezas aumentam de valor com os modelos de processamento na ordem de ruído branco, GGMatlab, ruído colorido, ruído branco com ruído rosa, ruído rosa, ruído branco com ruído vermelho e ruído vermelho.

4.3.3.1 Correlação de Incertezas

A partir das correlações entre as incertezas das velocidades, obtidas para cada um dos modelos e combinações de modelos de ruído já referidos anteriormente, pretende-se estabelecer uma relação entre os valores das incertezas, estudando a forma como variam entre si e em relação às incertezas formais. Na Tabela D-10 (Anexo D) constam o declive da recta e a equação da recta de regressão linear para cada uma das correlações efectuadas, bem como o respectivo factor de correlação e coeficiente

de determinação. Nesta tabela, consta informação de duas rectas de regressão linear, uma em que a recta é ajustada aos dados e não é forçada a sua passagem pela origem e outra em que a recta passa pela origem do sistema de eixos xy e, neste último caso, o declive da recta funciona como um simples factor multiplicativo para a estimação da incerteza da velocidade das séries temporais.

Os gráficos de correlação e as regressões lineares seguidamente apresentadas reportam-se a valores de incertezas de velocidades das estações (Tabela D-9 do Anexo D); contudo, nos eixos dos gráficos, e para facilitar a compreensão e enquadramento com o conceito do estudo efectuado, tendo por base processamentos considerando diferentes modelos de ruído, os eixos serão identificados por associação a ruídos. A interpretação correcta dos valores graficados será, os valores de incertezas obtidas para o processamento considerando o modelo de ruído especificado na legenda do respectivo eixo ou, em alguns casos, a incerteza da velocidade obtida através do GGMatlab.

Das combinações efectuadas, serão analisadas mais detalhadamente as seguintes correlações entre incertezas de velocidade:

- Ruído branco *versus* (vs) Ruído branco considerando a componente anual e semi-anual;
- GGMatlab vs Ruído branco (com termo anual);
- GGMatlab vs Combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa;
- Combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa vs Ruído branco.

Na Figura 4-33 à Figura 4-36 são apresentadas as imagens, para as três componentes destas correlações e analisando-as, destaca-se que algumas estações surgem sistematicamente como *outliers* e que certamente pesam nos resultados obtidos para a regressão linear. Contudo, tendo por objectivo avaliar a globalidade das estações e perceber quais os factores que condicionam os resultados obtidos para o ruído e para as incertezas, resolveu-se manter esses *outliers* nas correlações efectuadas de forma a alcançar soluções globais e aproximadas para a totalidade da área de estudo. As estações com maior desvio relativamente ao restante grupo são TMAD, SMAM, BORB, GUAR, LEON, MERT, FLRS, AZGR e VALA que correspondem às séries mais pequenas analisadas. Reforçando esta ideia, as estações com séries temporais de menor dimensão apresentam maiores valores de incertezas para a velocidade e, conseqüentemente, surgem com facilidade como *outliers* nas correlações efectuadas.

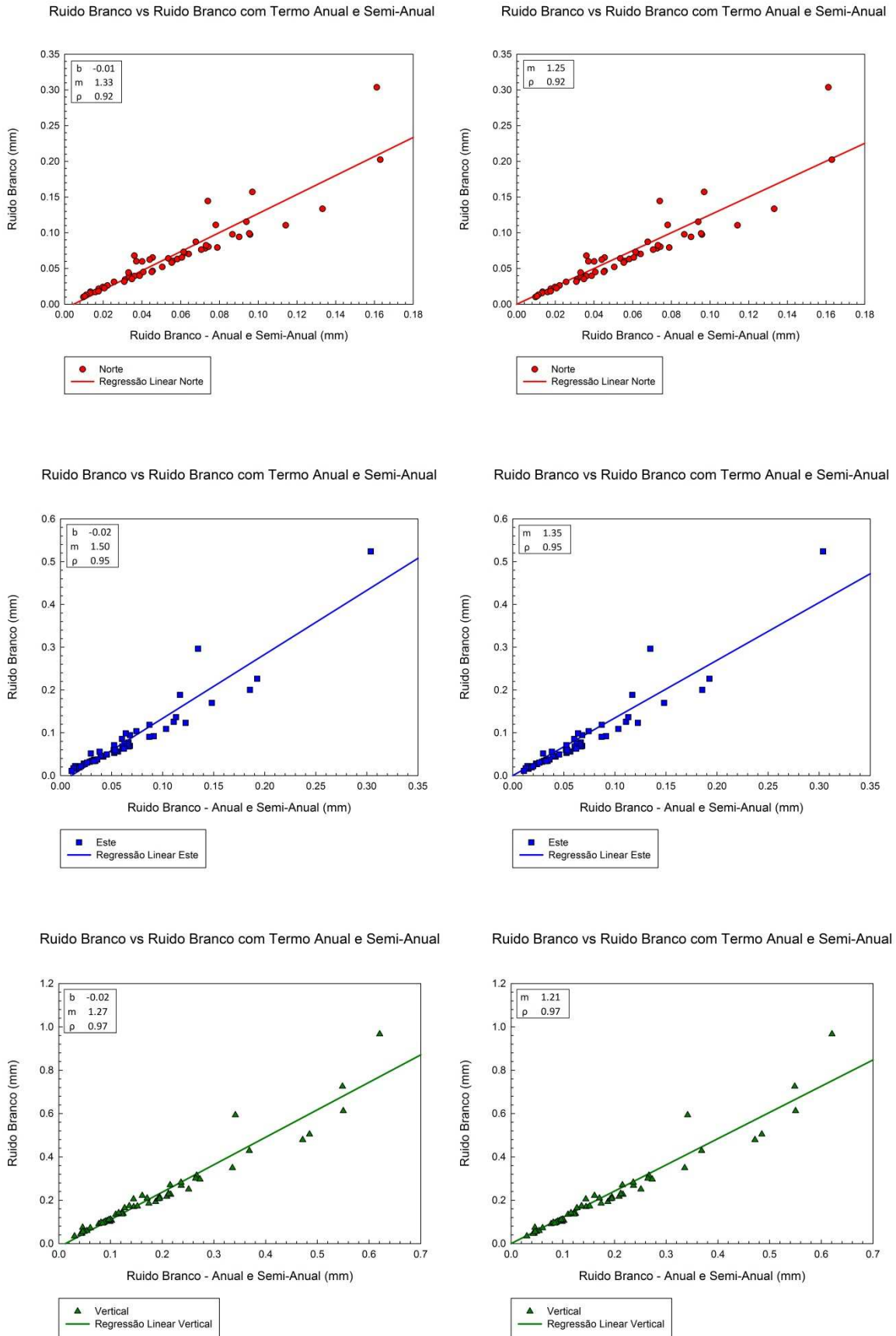


Figura 4-33 - Correlação linear de incertezas entre modelo de ruído branco e ruído branco considerando termo anual e semi-anual.

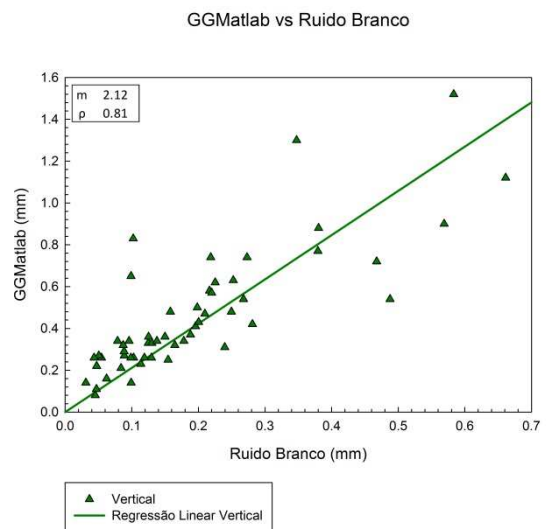
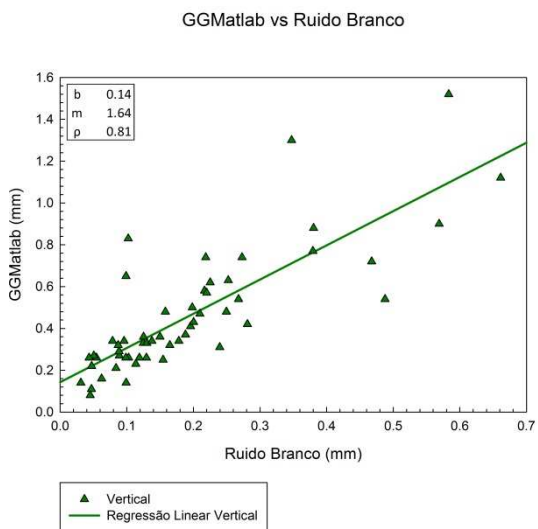
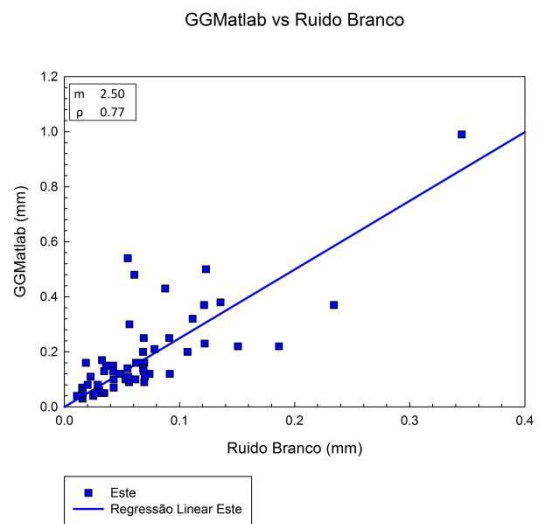
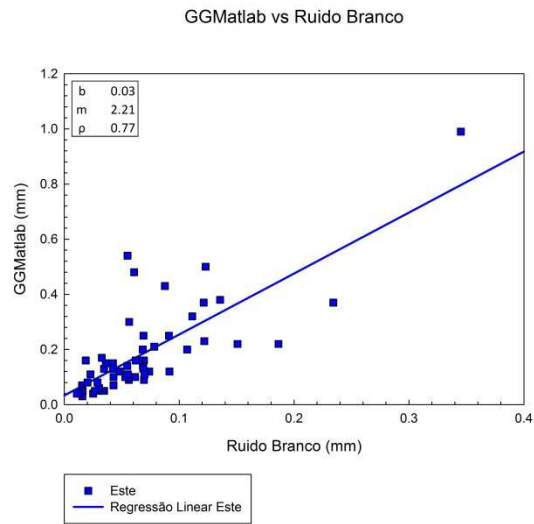
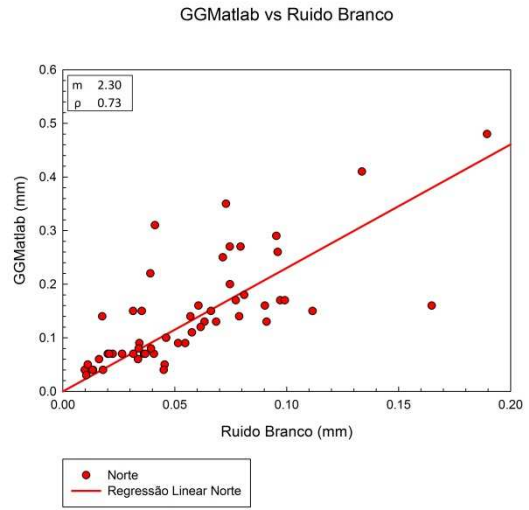
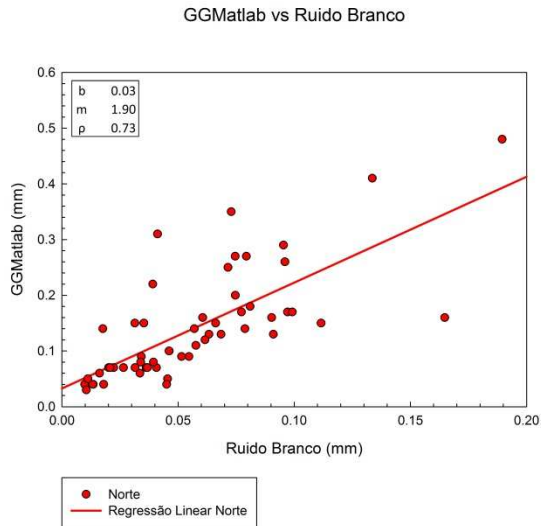


Figura 4-34 - Correlação linear entre incertezas realistas e incertezas obtidas a partir do modelo de ruído branco considerando termo anual.

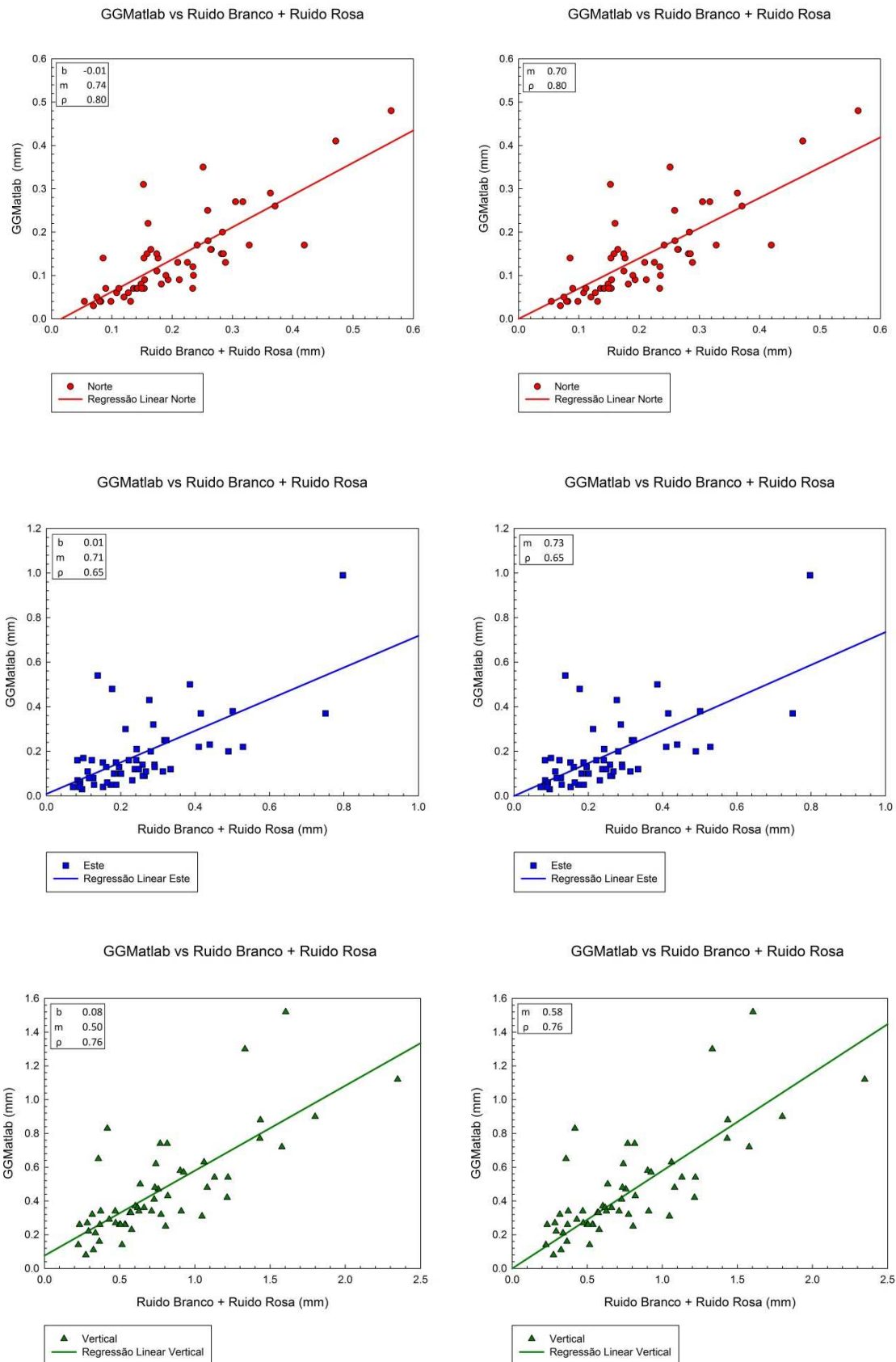


Figura 4-35 - Correlação linear entre incertezas realistas e incertezas obtidas a partir da combinação do modelo de ruído branco com ruído rosa, considerando termo anual.

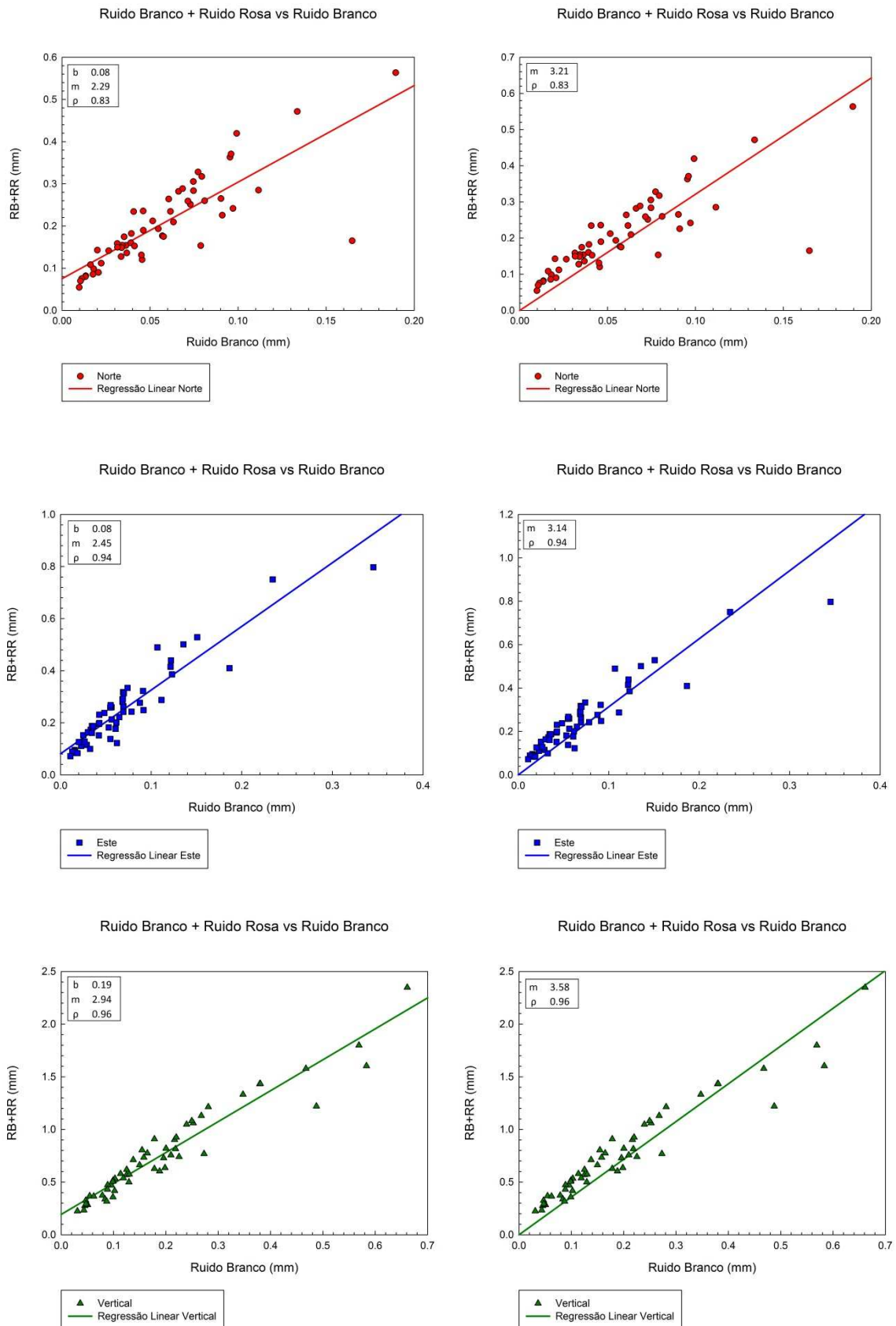


Figura 4-36 - Correlação linear entre combinação do modelo de ruído branco com ruído rosa e modelo de ruído branco, considerando termo anual.

Analisando os coeficientes de correlação determinados nas quatro correlações referidas anteriormente (Tabela 4-30), conclui-se que todas são positivas e que as mais fortes são as de ruído branco vs ruído branco com componente anual e semi-anual e a correlação entre a combinação de ruído branco com ruído rosa vs ruído branco.

Relativamente aos coeficientes de determinação é possível avaliar que ao forçar a recta de regressão linear a passar pela origem do referencial, o seu valor diminui, indicando uma menor qualidade de ajustamento da recta de regressão aos dados correlacionados. Essa diminuição do coeficiente de determinação é tanto mais acentuada quanto maior for o valor da ordenada b .

Na Tabela 4-31 é apresentado, para cada correlação, os factores de conversão por componente e o factor médio de conversão.

Tabela 4-30 - Índices das rectas de regressão linear e elementos de correlação.

Identificação da Correlação		Componente	Recta de Regressão Linear					
			Recta a não passar pela origem do referencial xy			Recta com restrição de passar pela origem do referencial xy		
			Equação da Recta	Coefficiente Determinação	Coefficiente Correlação	Equação da Recta	Coefficiente Determinação	Coefficiente Correlação
yy	xx		$y=mx+b$	ρ^2	ρ	$y=mx$	ρ^2	ρ
Ruido Branco	Ruido Branco (anual + semi-anual)	N	$y=1.33x-0.01$	0.85	0.92	$y=1.25x$	0.85	0.92
		E	$y=1.50x-0.02$	0.90	0.95	$y=1.35x$	0.89	0.94
		V	$y=1.27x-0.02$	0.93	0.97	$y=1.21x$	0.93	0.97
GGMatlab	Ruido Branco (anual)	N	$y=1.90x+0.03$	0.54	0.73	$y=2.30x$	0.50	0.71
		E	$y=2.21x+0.03$	0.60	0.77	$y=2.50x$	0.58	0.76
		V	$y=1.64x+0.14$	0.66	0.81	$y=2.12x$	0.57	0.76
GGMatlab	Ruido Branco + Ruido Rosa	N	$y=0.74x-0.01$	0.63	0.80	$y=0.70x$	0.63	0.79
		E	$y=0.71x+0.01$	0.42	0.65	$y=0.73x$	0.42	0.65
		V	$y=0.50x+0.08$	0.58	0.76	$y=0.58x$	0.56	0.75
Ruido Branco + Ruido Rosa	Ruido Branco (anual)	N	$y=2.29x+0.08$	0.68	0.83	$y=3.21x$	0.52	0.72
		E	$y=2.45x+0.08$	0.87	0.94	$y=3.14x$	0.75	0.87
		V	$y=2.94x+0.19$	0.93	0.96	$y=3.58x$	0.86	0.92

Tabela 4-31 - Factor médio de conversão, para as três componentes, entre modelos de ruído correlacionados.

Identificação da Correlação		Factor Médio de Conversão (y=mx)
yy	xx	m
Ruido Branco	Ruido Branco (anual + semi-anual)	1.3
GGMatlab	Ruido Branco (anual)	2.3
GGMatlab	Ruido Branco + Ruido Rosa	0.7
Ruido Branco + Ruido Rosa	Ruido Branco (anual)	3.3

Zhang *et al.* [1997] concluíram que as incertezas foram 3-6 vezes maiores, quando o modelo de ruído branco mais ruído rosa foi utilizado em vez do modelo de ruído branco. Da mesma forma Mao *et al.* [1999] concluíram que as suas incertezas foram subestimadas entre 5 e 11. Amiri-Simkooei *et al.* [2007] concluíram que se um modelo de ruído branco mais ruído rosa for usado em vez de um modelo de ruído branco puro, as incertezas das velocidades são maiores e podem ser obtidas por factores entre 9 e 16. Com este estudo, para a área geográfica considerada, se apenas for considerado o ruído branco é possível estimar os erros de velocidade com factores de conversão entre 1 e 7. Considerando os valores médios das correlações efectuadas, a estimação para os erros de velocidade, para as três componentes, poder-se-á efectuar utilizando um factor de 3.3, ou seja, numa situação em que não existe disponibilidade de processamento computacional, tempo ou algoritmos, poder-se-á, através deste factor médio, obter valores mais refinados para as incertezas das velocidades das estações. Particularizando para a componente Norte, o factor de conversão 1 é obtido para a estação TMAD que é a série mais curta e os maiores factores, valores de 6 e 7, correspondem às estações de ARRA, CASC, EBRE, ESCO, FARO, LAGO, MADR, e YEBE que pertencem ao grupo das séries com maior número de registos. Para a componente Este, 2 é o menor valor de conversão e corresponde às estações de FLRS e BORB, que têm séries muito curtas, e a SFER que, por oposição, é a série de maior dimensão considerada neste estudo. Os maiores factores de conversão, de valor 6 e 7, correspondem as estações de COBA, COIM, EBRE, ESCO, GAIA, MADR e YEBE, que uma vez mais estão incluídas no grupo de séries de maior dimensão. Para a componente Vertical, o menor factor corresponde ao valor 3 e é determinado para as séries ARRA, BORB, ELVA, FLRS, MAFR, SALA, SMAM, e VALA; já os valores máximos do factor de conversão (6 e 7), corresponde às séries ALME, CANT, CASC, EBRE, ESCO, GAIA, YEBE e uma vez mais, conclui-se que às séries curtas correspondem a factores menores e às séries longas correspondem os maiores factores.

Comparando as incertezas realistas, obtidas através do GGMatlab, com as incertezas das velocidades quando se considera ruído branco, com componente sazonal anual, obtém-se factores de conversão entre 1 e 10 para as três componentes, mas com um factor médio de conversão de 2.3. Este é ligeiramente inferior ao factor de conversão anteriormente referido (factor de 3.3), o que indica que o GGMatlab é mais optimista na determinação das incertezas quando comparado com a combinação de modelos de ruído branco com ruído rosa. A análise dos valores obtidos para as incertezas (ver Tabela D-9 do Anexo D) comprova que as determinadas pelo GGMatlab são, sem

qualquer excepção, menores que as incertezas determinadas quando é considerado ruído branco com ruído rosa. Para este caso, o factor médio indica que é possível obter incertezas mais aproximadas da realidade, dividindo as que são determinadas pelo GGMatlab pelo valor de 0.7, o que funciona de certa medida como um procedimento simplista de considerar um ruído temporalmente correlacionado além do habitual ruído branco.

Para tentar perceber a relevância e a influência que os efeitos sazonais poderão assumir na estimação das incertezas, correlacionou-se as que são obtidas através do modelo de ruído branco simples com as incertezas obtidas através do modelo de ruído branco com componente anual e semestral. Os valores das incertezas para o ruído branco simples são superiores às incertezas do ruído branco com componente sazonal e analisando a Tabela 4-31, conclui-se que no caso de efectuar a divisão das incertezas obtidas, considerando apenas ruído branco simples, se obtém o valor de 1.3.

5 Conclusões e Perspectivas Futuras

Da análise dos ruídos obtidos para os diversos processamentos efectuados, conclui-se que a amplitude de ruído aumenta na ordem da componente Norte, Este e Vertical, sendo a componente Vertical a que se destaca claramente das restantes duas, com os valores mais elevados. Esta componente é também a que suporta maiores efeitos sazonais de período anual e semi-anual.

Dos vários modelos de análise de ruído considerados, não foi possível atribuir ou correlacionar as amplitudes de ruído obtidas com a localização geográfica, com o modelo de antena ou receptor ou até com as várias tipologias de monumentação. Poderá existir casos em que a instabilidade da monumentação ou a localização da antena através de efeitos de multitrajecto, influenciem ou condicionem os valores de ruído. Todavia, no estudo efectuado, não é correcto atribuir ou extrair conclusões que associem amplitudes de ruído a um determinado padrão ou atributo físico da estação.

A análise de séries temporais requer longos períodos de registo, de forma a obter estimativas precisas. Porém, quanto mais alargada temporalmente for a série, maior é a sua exposição e vulnerabilidade a erros de diferentes escalas temporais que podem prejudicar as estimativas. O ruído branco pode ser minimizado através de medições frequentes. Contudo, analisando os valores de ruído branco obtidos, é possível generalizar que séries mais longas, e conseqüentemente com registo inicial mais antigo, apresentam amplitudes de ruído branco com maior amplitude. Uma justificação possível para este fenómeno, é que as séries mais longas, com registos mais antigos estiveram sujeitas em maior extensão, ao crescimento e progresso do GPS, estando neste sentido, sujeitas a períodos com diferentes graus de qualidade nos dados registados. A modernização da constelação de satélites, o avanço tecnológico dos equipamentos e a disponibilização de melhores observações GPS contribuíram para melhorar as precisões das coordenadas obtidas; uma série temporal sujeita a mudanças frequentes acusa naturalmente maiores oscilações nos registos e menor estabilidade nos dados obtidos. À semelhança do mencionado anteriormente, também Mao *et al.* [1999] observaram uma amplitude de ruído rosa mais alta em algumas das séries temporais mais longas, indicando de igual forma, a possibilidade de séries temporais mais longas serem mais sensíveis a erros de períodos temporalmente correlacionados mais longos. Nesse estudo, foi também apontada a explicação que séries temporais mais longas incluem necessariamente dados mais antigos e, por isso, com maior ruído.

Na análise das séries temporais, foi possível verificar a presença de efeitos sazonais de período anual e semi-anual e constatou-se que o maior efeito sazonal está concentrado na componente Vertical, o que indica que esta componente é a mais afectada por efeitos periódicos e sistemáticos. Considerando as sazonalidades é possível observar uma redução do ruído nas três componentes, em que as percentagens de redução da amplitude de ruído branco quando se considera termo anual e semestral são superiores para a componente Norte, Este e Vertical por esta ordem e a consideração do termo anual e semestral traduz-se sempre numa percentagem de redução média mais elevada do que considerando somente a componente anual. A eliminação da sazonalidade anual e semi-anual reduz em média o ruído branco em 15% relativamente ao ruído branco puro determinado com os dados afectados por variações sazonais. As estações que conhecem uma maior redução da amplitude de ruído branco são as estações em que a componente sazonal tem maior contributo e que sofrem mais efeitos sazonais. A presença de efeitos sazonais nas séries temporais indica que as coordenadas das estações estão deterioradas e conseqüentemente, para qualquer posicionamento relativo, as coordenadas determinadas estarão influenciadas por esses efeitos sazonais.

Considerando a combinação de modelos estocásticos, a redução média da amplitude de ruído branco é o dobro para a combinação ruído branco com ruído rosa em relação à combinação ruído branco com ruído vermelho, ou seja, a combinação de ruído branco com ruído rosa consegue diminuir, em mais de metade, a amplitude de ruído branco na grande maioria das séries em estudo.

De igual forma, como foi anteriormente demonstrado nas investigações de Zhang *et al.* [1997], Mao *et al.* [1999] e Williams *et al.* [2004], é também possível concluir que as séries temporais incluem uma componente de erro temporalmente correlacionado para além do ruído branco e que a combinação de ruído branco com ruído rosa é a que melhor traduz o ruído presente na série. Generalizando os resultados obtidos, conclui-se que os maiores valores de ruído branco ocorrem quando não é considerada nenhuma componente sazonal, esse ruído diminui quando se considera a sazonalidade anual e diminui ainda mais quando é considerada a sazonalidade anual e semi-anual. Os menores valores de ruído branco são alcançados quando é considerada a combinação de ruído branco com ruído vermelho e na melhor de todas as situações, quando se combina ruído branco com ruído rosa. Neste sentido, tal como as pesquisas referidas, a combinação de ruído branco com ruído rosa é a melhor opção para obter menores amplitudes de ruído e conseqüentemente melhores precisões.

No caso de o índice espectral não ser especificado, o ruído da série não é assumido como sendo branco, rosa ou vermelho e existe um esforço para obter o índice de valor decimal que melhor contribuiu para minimizar o ruído da série. Comparando as amplitudes de ruído obtidas por índices espectrais decimais com as amplitudes determinadas para os restantes modelos processados, conclui-se que a flexibilização no valor dos índices espectrais conduz a uma optimização nos processos de estimação e intrinsecamente a uma redução dos valores de ruído registados. Examinando os ruídos determinados por índices espectrais decimais, é possível concluir que os maiores valores de ruído são obtidos com os maiores índices espectrais (em valor absoluto) e, neste sentido, os menores valores de ruído são estimados com os menores índices espectrais. Efectuando a média dos diversos índices espectrais calculados para as três componentes, obtém-se o valor de -0.97 ± 0.10 , que está em acordo com a bibliografia consultada. No estudo de Mao *et al.* [1999], a média do índice espectral, para as três componentes é de -1.02 ± 0.37 quando é considerado apenas as séries que convergiram ou -0.98 ± 0.42 quando também são estimados os índices das séries que não convergiram. Estes índices são ligeiramente superiores ao valor médio de -0.4 ± 0.1 estimado por Zhang *et al.* [1997]. A média do índice espectral obtido está muito próxima de -1 e, por isso, muito semelhante ao ruído rosa, o que confirma a conclusão de Mao *et al.* [1999], que indicam que a combinação de ruído branco e ruído rosa é o modelo estocástico apropriado para as três componentes de coordenadas e que a vantagem de estimar o índice espectral juntamente com as amplitudes de ruído não é significativa.

A análise e comparação das amplitudes de ruído determinadas permite verificar que, na grande maioria das situações, as amplitudes de ruído são menores para o modelo de ruído colorido com índices espectrais decimais, aumentando pela ordem da combinação de modelo de ruído branco com ruído rosa, modelo de ruído rosa, combinação de ruído branco com ruído vermelho e, por último, com os maiores valores de ruído, o modelo de ruído vermelho.

No que é referente às incertezas das velocidades determinadas pelos diversos modelos de ruído considerados, pode-se concluir que séries temporais com maior número de registos conduzem a valores de incertezas menores. É desta forma possível afirmar que as menores incertezas de velocidade são obtidas para as estações com séries temporais de maior dimensão, independentemente do tipo de modelo ou combinação de modelos considerados para o processamento. Também à semelhança dos valores de ruído, também as incertezas aumentam de valor na ordem da componente Norte, Este e Vertical.

A estimação das componentes de sazonalidade provoca uma ligeira redução nos valores das incertezas das velocidades. Comparando as incertezas calculadas para o modelo de ruído branco com as combinações de modelos de ruído branco com ruído rosa ou ruído branco com ruído vermelho, é possível concluir que essas combinações de modelos resultam em valores de incertezas mais elevados. As incertezas para o ruído rosa são menores que as determinadas para o ruído vermelho e, de uma forma geral, ambos os modelos de ruído, quando combinados com o modelo de ruído branco, levam a uma diminuição nos valores das suas incertezas. Para o ruído vermelho, as incertezas são destacadamente elevadas e a combinação de ruído vermelho com ruído branco provoca uma maior redução nas incertezas das velocidades.

Examinando as amplitudes das incertezas dos modelos que consideram a sazonalidade anual, é possível afirmar que as incertezas aumentam de valor com os modelos de processamento na ordem de ruído branco, ruído colorido, ruído branco com ruído rosa, ruído rosa, ruído branco com ruído vermelho e ruído vermelho. Neste sentido, poder-se-á deduzir que o modelo de ruído branco subestima a incerteza da velocidade. Um modelo que inclua ruído temporalmente correlacionado estima essas incertezas de forma mais verdadeira, ou seja, em séries temporais o erro da velocidade pode ser subestimado se um modelo de ruído branco puro for assumido e uma estimativa mais real é obtida se for considerada uma combinação de ruído branco com ruído rosa ou ruído branco com ruído vermelho. As incertezas obtidas pelo GGMatlab estão entre as amplitudes de valores obtidos para o ruído branco e o ruído colorido.

Correlacionando as incertezas de velocidade obtidas por alguns dos modelos de ruído considerados, foi possível determinar factores de estimação de erros de velocidade entre esses modelos e concluir que as estações com séries temporais de menor dimensão apresentam maiores valores de incertezas para a velocidade e, em casos extremos, surgem como *outliers* na correlação. Para a correlação entre a combinação de ruído branco mais ruído rosa e ruído branco, se apenas for considerado o ruído branco é possível estimar os erros de velocidade, para as três componentes, com um factor médio de 3.3. Para a mesma correlação, Mao *et al.* [1999] concluíram que os erros de velocidade são subestimados por factores entre 5 e 11, o que no caso de adoptar a mesma metodologia de cálculo, os valores obtidos por esta pesquisa situam-se entre 1 e 7. Zhang *et al.* [1997] apresentou factores entre 3 e 6 e Amiri-Simkooei *et al.* [2007] valores entre 9 e 16. Conclui-se, desta forma, que todos esses estudos

conduzem a valores demasiado pessimistas para a solução regional focada nesta dissertação.

Como recomendação para trabalhos futuros propõem-se a investigação detalhada da origem dos efeitos periódicos anuais e semi-anuais e a possibilidade de quantificar as suas efectivas consequências nas amplitudes de ruído.

Com os dados actualmente disponíveis seria curioso efectuar um estudo semelhante, mas restringindo o período temporal de cada série, em que todas as séries teriam o mesmo número de registos em igual período de observação, eliminando desta forma, alguns factores prováveis de origem de ruído e tentar perceber o comportamento das amplitudes de ruído, comparando então os resultados obtidos com os que foram alcançados nesta pesquisa.

Por outro lado, no futuro, será também interessante continuar o estudo das mesmas estações mas agora com séries temporais mais longas, para que um maior número de registos permita reduzir o domínio do ruído rosa de forma a melhor caracterizar o ruído vermelho e permitir avaliar o impacto das diferentes monumentações sobre o ruído das séries temporais.

Referências

- Agnew, D. (1992) "The time-domain behavior of power-law noises." *Geophysical Research Letters*, Vol. 19, No. 4, pp. 333-336.
- Amiri-Simkooei, A. R., C. C. J. M. Tiberius, and P. J. G. Teunissen (2007) "Assessment of noise in GPS coordinate time series: Methodology and results." *Journal of Geophysical Research*, Vol. 112, B07413, doi:10.1029/2006JB004913.
- Barbosa, S. (2012) Complementos da Unidade Curricular de Análise de Dados em Geociências. Texto não publicado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Chatfield, C. (1996) "The Analysis Of Time Series – An Introduction". 5ª Edição, Chapman & Hall, London, United Kingdom.
- Ehlers, R. S. (2009) "Análise de Séries Temporais." Universidade São Paulo. Disponível em <http://www.icmc.usp.br/~ehlers/stemp/stemp.pdf>, acessado em Abril de 2012.
- Herring, T. (2003) "MATLAB tools for viewing GPS velocities and time series." *GPS Solutions*, Vol. 7, No. 3, pp. 194-199, doi: 10.1007/s10291-003-0068-0.
- Herring, T.A., King, R.W., McClusky, S.C. (2010a) "GAMIT Reference Manual Release 10.4." Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Herring, T.A., King, R.W., McClusky, S.C. (2010b) "GLOBK Reference Manual Release 10.4." Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Johnson, H., and D. Agnew (1995) "Monument motion and measurements of crustal velocities." *Geophysical Research Letters*, Vol. 22, pp. 2905-2908, doi: 10.1029/95GL02661.
- Johnson, H., and D. Agnew (2000) "Correlated noise in geodetic time series." *U.S Geological Survey FTR-1434-HQ-97-GR-03155*.
- Langbein, J., and H. Johnson (1997) "Correlated errors in geodetic time series: Implications for time-dependent deformation." *Journal of Geophysical Research*, Vol. 102, No.B1, pp. 591-603.
- Langbein, J. (2004) "Noise in two-color electronic distance meter measurements revisited." *Journal of Geophysical Research*, Vol. 109, No.B04406, doi:10.1029/2003JB002819.

- Mao, A., C. Harrison, and T. Dixon (1999) "Noise in GPS coordinate time series." *Journal of Geophysical Research*, Vol. 104, No.B2, pp. 2797-2816.
- Montillet, J.P., P. Tregoning, S. McClusky and K. Yu (2013) "Extracting white noise statistics in GPS coordinate time series." *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. 10, No. 3, pp. 563-567.
- National Communications System – NCS (1996) *Glossary of telecommunication terms, Federal standard 1037C*. www.its.bldrdoc.gov, acessado em 11 de Maio de 2012.
- Rosa, G., J. Monico, and J. Chaves (2010) "Análise de séries temporais de coordenadas estimadas com GPS: uma proposta metodológica para detecção, remoção e recuperação de efeitos sazonais." *Boletim de Ciências Geodésicas*, Vol. 16, Nº1, pp. 51-72.
- Ward, L. and P. Greenwood (2007) "1/f Noise." *Scholarpedia*, 1(12):1537, doi:10.4249, disponível em http://www.scholarpedia.org/article/1/f_noise, acessado em Setembro de 2013.
- Wessel, P., and W. H. F. Smith (1998) "New, improved version of Generic Mapping Tools released", *EOS Transactions, American Geophysical Union*, 79 (47), p. 579.
- Williams, S. (2003) "The effect of coloured noise on the uncertainties of rates estimated from geodetic time series." *Journal of Geodesy*, Vol. 76(9-10), pp. 483-494.
- Williams, S. (2004) "Error analysis of continuous GPS position time series." *Journal of Geophysical Research*, Vol. 109, B03412, doi: 10.1029/2003JB002741.
- Williams, S. (2005) "Create and analyse time series: CATS – Software V3.1.1." Texto não publicado de apoio técnico, disponível em http://tianyf.dyndns.org/software/cats/cats_v312.pdf, acessado em Novembro de 2011.
- Williams, S. (2008) "CATS: GPS coordinate time series analysis software." *GPS Solutions*, Vol 12, Number 2, 147-153, doi: 10.1007/s10291-007-0086-4.
- Zhang, J., Y. Bock, H. Johnson, P. Fang, S. Williams, J. Genrich, S. Wdowinski, and J. Behr (1997) "Southern California permanent GPS geodetic array: error analysis of daily position estimates and site velocities." *Journal of Geophysical Research*, Vol. 102, No.B8, pp. 18035-18055.

Anexo A – Caracterização das Estações GPS

Tabela A-1 - Identificação das estações e respectiva localização geográfica (cont.).

ID	Nome da Estação	Cidade	País	Placa Tectónica
ACOR	Corunha	Corunha	Espanha	Euroasiática
ALCO	Alcochete	Alcochete	Portugal	Euroasiática
ALME	Almeria	Almeria	Espanha	Euroasiática
ARRA	Serra da Arrábida	Setúbal	Portugal	Euroasiática
AZGR	Graciosa	Graciosa	Portugal	Euroasiática/Africana
BEJE	Beja	Beja	Portugal	Euroasiática
BENA	Benafim	Faro	Portugal	Euroasiática
BORB	Borba	Borba	Portugal	Euroasiática
BORR	Borriana	Borriana	Espanha	Euroasiática
BRAG	Braga	Braga	Portugal	Euroasiática
CANT	Santander	Santander	Espanha	Euroasiática
CASC	Cascais	Cascais	Portugal	Euroasiática
COBA	Cordoba	Cordoba	Espanha	Euroasiática
COIM	Coimbra	Coimbra	Portugal	Euroasiática
COVI	Covilhã	Covilhã	Portugal	Euroasiática
CRAI	Caldas da Rainha	Caldas da Rainha	Portugal	Euroasiática
EBRE	Ebre	Roquetes	Espanha	Euroasiática
ELVA	Elvas	Elvas	Portugal	Euroasiática
ESCO	Escornacrabes	Naut Aran	Espanha	Euroasiática
ESPI	Espinho	Espinho	Portugal	Euroasiática
EVOR	Évora	Évora	Portugal	Euroasiática
FARO	Faro	Faro	Portugal	Euroasiática
FCUL	FCUL	Lisboa	Portugal	Euroasiática
FLRS	Santa Cruz das Flores	Santa Cruz das Flores	Portugal	Norte Americana
FUNC	Funchal	Funchal	Portugal	Africana
GAIA	Gaia	Gaia	Portugal	Euroasiática
GUAR	Guarda	Guarda	Portugal	Euroasiática

Tabela A-1 - Identificação das estações e respectiva localização geográfica.

ID	Nome da Estação	Cidade	País	Placa Tectónica
HUEL	Huelva	Huelva	Espanha	Euroasiática
IGEO	IGEOE	Lisboa	Portugal	Euroasiática
IMMA	Madeira	Funchal	Portugal	Africana
LAGO	Lagos	Lagos	Portugal	Euroasiática
LEIR	Leiria	Leiria	Portugal	Euroasiática
LEON	Leon	Leon	Espanha	Euroasiática
MAD2	Madrid	Robledo	Espanha	Euroasiática
MADR	Madrid	Robledo	Espanha	Euroasiática
MAFR	Mafra	Mafra	Portugal	Euroasiática
MALA	Málaga	Málaga	Espanha	Euroasiática
MALL	Palma de Mallorca	Palma de Maiorca	Espanha	Euroasiática
MERT	Mértola	Mértola	Portugal	Euroasiática
PACO (PARC)	Paço D'Arcos	Paço D'Arcos	Portugal	Euroasiática
PDEL	Ponta Delgada	Ponta Delgada	Portugal	Euroasiática
SAGR	Sagres	Sagres	Portugal	Euroasiática
SALA	Salamanca	Salamanca	Espanha	Euroasiática
SFER	San Fernando	San Fernando	Espanha	Euroasiática
SMAM	São Mamede	São Mamede	Portugal	Euroasiática
SMGR (SMAR)	Santa Margarida	Constância	Portugal	Euroasiática
TAVI	Tavira	Tavira	Portugal	Euroasiática
TMAD	Trás-os-Montes e Alto Douro	Bragança	Portugal	Euroasiática
VALA	Valladolid	Valladolid	Espanha	Euroasiática
VALE	Valencia	Valencia	Espanha	Euroasiática
VIGO	Vigo	Vigo	Espanha	Euroasiática
VILL	Villafranca	Villafranca	Espanha	Euroasiática
WISE	Viseu	Viseu	Portugal	Euroasiática
VREA	Vila Real	Vila Real	Portugal	Euroasiática
YEBE	Yebes	Yebes	Espanha	Euroasiática

Tabela A-2 - Coordenadas das estações.
 Coordenadas Elipsoidais em graus (°), minutos (') e segundos ("); (Latitude 432151.770 → 43° 21' 51.770") (Longitude - 82356.170 → - 8°23' 56.170"). Coordenadas geodésicas retangulares em WGS84/ITRF 2005 (cont.).

ID	Coordenadas Geodésicas Elipsoidais			Coordenadas Geodésicas Rectangulares		
	Latitude (N +) (graus decimais)	Longitude (E +) (graus decimais)	Alt. Elipsoidal (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
ACOR	432151.770	-82356.170	67.000	4594489.940	-678368.070	4357065.900
ALCO	384707.151	-85222.560	85.975	4918781.041	-767880.096	3973821.569
ALME	365109.110	-22734.020	127.000	5105220.288	-219278.782	3804386.863
ARRA	382933.946	-85739.945	409.658	4937875.255	-778646.029	3948655.612
AZGR	390516.284	-280122.614	90.596	4376062.783	-2329042.579	3999949.347
BEJE	375953.678	-75155.443	312.373	4985448.360	-688719.846	3905482.676
BENA	371356.532	-80736.102	333.147	5033635.786	-718785.381	3838158.718
BORB	384837.148	-72745.065	496.020	4934783.974	-646392.700	3976241.486
BORR	395418.640	-459.570	72.900	4899519.310	-7115.810	4069961.420
BRAG	413350.253	-82445.521	272.393	4728045.156	-699243.186	4209670.612
CANT	432818.480	-34753.160	99.000	4625924.680	-307096.780	4365771.150
CASC	384136.240	-92506.600	77.100	4917537.870	-815726.530	3965857.980
COBA	375456.340	-44316.000	212.800	5021261.400	-414685.500	3898192.700
COIM	401221.085	-82504.668	170.587	4825559.407	-714122.578	4095579.239
COVI	401629.521	-73033.018	765.448	4831821.050	-636908.193	4101813.289
CRAI	392339.070	-90759.814	121.092	4873186.925	-783461.678	4026308.521
EBRE	404915.240	2932.640	107.900	4833520.000	41536.000	4147461.000
ELVA	385245.726	-70933.869	370.210	4933266.621	-619666.006	3982133.118
ESCO	424135.880	5831.800	2508.400	4696265.000	79978.000	4304244.000
ESPI	405833.532	-83836.162	73.982	4767627.911	-724728.462	4160458.234
EVOR	383405.151	-75415.671	354.321	4946192.648	-686723.980	3955163.435
FARO	370059.059	-75615.016	68.518	5050100.326	-704128.954	3818888.268
FCUL	384523.271	-90924.749	155.540	4916949.017	-792574.204	3971367.877
FLRS	392713.840	-310735.000	79.900	4221530.010	-2549242.330	4031397.800
FUNC	323852.600	-165427.420	78.500	5143339.430	-1563412.870	3421191.440
GAIA	410621.600	-83520.400	287.800	4759095.620	-718818.800	4171491.320
GUAR	403211.342	-71559.107	1082.280	4816033.563	-614079.309	4124143.111

Tabela A-2 - Coordenadas das estações.
 Coordenadas Elipsoidais em graus (°), minutos (') e segundos ("); (Latitude 432151.770 → 43° 21' 51.770") (Longitude - 82356.170 → - 8°23' 56.170"). Coordenadas geodésicas retangulares em WGS84/ITRF 2005.

ID	Coordenadas Geodésicas Elipsoidais			Coordenadas Geodésicas Rectangulares		
	Latitude (N +) (graus decimais)	Longitude (E +) (graus decimais)	Alt. Elipsoidal (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
HUEL	371159.920	-65513.080	81.800	5049613.100	-612885.600	3835143.800
IGEO	384641.907	-90648.827	133.095	4916030.427	-788614.133	3973244.269
IMMA	323851.877	-165331.825	109.817	5143797.452	-1562037.696	3421189.435
LAGO	370556.170	-84006.170	62.700	5035246.680	-767657.380	3826194.040
LEIR	394332.206	-84819.189	174.974	4854355.885	-751956.437	4054854.791
LEON	423518.260	-53903.510	970.300	4680871.400	-463168.400	4294606.600
MAD2	402544.980	-41458.770	829.500	4849202.400	-360328.990	4114913.190
MADR	402544.980	-41458.770	829.500	4849202.390	-360328.990	4114913.190
MAFR	385604.156	-91933.967	306.430	4902470.508	-805103.780	3986854.926
MALA	364334.010	-42336.710	119.800	5103282.260	-392096.540	3793147.050
MALL	393309.360	23728.560	62.000	4919369.640	225499.600	4039849.560
MERT	373847.539	-73936.179	133.959	5011470.268	-674019.499	3874536.423
PACO (PARC)	384139.631	-91741.659	75.766	4919221.751	-805104.311	3965937.533
PDEL	374451.880	-253945.960	110.800	4551596.140	-2186893.420	3883410.680
SAGR	370119.250	-85734.694	91.951	5036384.347	-794048.367	3819399.347
SALA	405642.340	-52945.140	855.400	4803054.100	-462132.200	4158380.000
SFER	362751.480	-61220.160	85.800	5105519.050	-555146.010	3769803.250
SMAM	391847.682	-72134.420	1081.602	4901490.376	-633074.996	4019968.339
SMGR (SMAR)	392522.006	-81737.158	212.323	4882219.763	-711686.685	4028819.261
TAVI	370716.966	-73858.732	76.853	5046620.882	-677814.342	3828188.998
TMAD	414748.264	-64610.280	748.131	4729430.044	-561399.026	4229298.192
VALA	414209.020	-44229.960	765.900	4753521.680	-391505.620	4221500.530
VALE	392850.980	-2015.520	78.000	4929534.040	-29050.670	4033709.910
VIGO	421102.320	-84847.060	87.800	4677481.060	-725205.070	4260827.170
VILL	402636.960	-35707.200	647.500	4849833.870	-335049.260	4116014.810
WISE	403842.081	-75533.807	560.389	4800483.962	-668347.572	4132957.318
VREA	411835.061	-74414.659	522.849	4754659.677	-646016.289	4188668.219
YEBE	403129.640	-30518.960	973.000	4848724.950	-261632.510	4123093.950

Tabela A-3 - Identificação de marca e modelo do receptor e antena utilizado por cada estação (cont.).

ID	Receptor Actual		Antena Actual			Rede
	Marca	Modelo	Marca	Modelo	Modelo	
ACOR	Leica	GRX1200PRO	Leica	LEIAT504	LEIS	EUREF
ALCO	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
ALME	Trimble	NetRS	Trimble	TRM29659.00	NONE	EUREF
ARRA	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
AZGR	Trimble	NetRS	Trimble	TRM55971.00	Zephyr	REPRAA
BEJE	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
BENA	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	AX1202GG	NONE	RENEP
BORB	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAR25	NONE	RENEP
BORR	Trimble	R7	Trimble	TRM29659.00	NONE	EUREF
BRAG	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
CANT	Leica	GR10	Leica	LEIAR25.R4	LEIT	EUREF
CASC	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAT504GG	NONE	EUREF
COBA	Leica	GRX1200PRO	Leica	LEIAT504	LEIS	EUREF
COIM	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
COVI	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
CRAI	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
EBRE	Trimble	NETRS	Trimble	TRM29659.00	NONE	IGS/EUREF
ELVA	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
ESCO	Trimble	NETRS	Trimble	TRM29659.00	NONE	EUREF
ESPI	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
EVOR	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
FARO	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
FCUL	Leica	RS500	Leica	LEIAT504	NONE	FCUL
FLRS	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAT504GG	NONE	IGS/EUREF
FUNC	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAT504GG	NONE	IGS/EUREF
GAIA	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAT504	NONE	EUREF
GUAR	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAT504GG	LEIS	RENEP

Tabela A-3 - Identificação de marca e modelo do receptor e antena utilizado por cada estação.

ID	Receptor Actual		Antena Actual			Rede
HUEL	Trimble	NETRS	Trimble	TRM29659.00	NONE	EUREF
IGEO	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
IMMA	Trimble	4000SSI	Trimble	TRM29659.00	NONE	FCUL
LAGO	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAT504GG	NONE	EUREF
LEIR	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
LEON	Leica	GRX1200+GNSS	Leica	LEIAR25	NONE	EUREF
MAD2	Ashtech	Z-XII3T	Allen Osborne	AOAD/M_T	NONE	IGS/EUREF
MADR	Ashtech	Z-XII3	Allen Osborne	AOAD/M_T	NONE	IGS/EUREF
MAFR	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	NONE	SERVIR
MALA	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAT504GG	LEIS	EUREF
MALL	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAT504GG	LEIS	EUREF
MERT	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAT504GG	NONE	RENEP
PACO (PARC)	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
PDEL	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAT504GG	NONE	IGS/EUREF
SAGR	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
SALA	Leica	GRX1200GGPRO	Leica	LEIAR25	NONE	EUREF
SFER	Trimble	NETRS	Trimble	TRM29659.00	NONE	IGS/EUREF
SMAM	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
SMGR (SMAR)	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
TAVI	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
TMAD	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
VALA	Leica	GRX1200+GNSS	Leica	LEIAR25.R3	NONE	EUREF
VALE	Leica	GR10	Leica	LEIAR25.R3	LEIT	EUREF
VIGO	Trimble	NETRS	Trimble	TRM29659.00	TCWD	EUREF
VILL	Ashtech	UZ-12	Allen Osborne	AOAD/M_T	NONE	IGS/EUREF
WISE	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
VREA	Trimble	NetR5	Trimble	TRM55971.00	Zephyr Geodetic 2	SERVIR
YEBE	Trimble	NETRS	Trimble	TRM29659.00	NONE	IGS/EUREF

Tabela A-4 - Descrição da monumentação, número de alterações de receptor e antena das estações (cont.).

ID	Monumentação		Nº de Alterações Receptor	Nº de Alterações Antena
	Descrição	Fundação		
ACOR	Mastro de treliça em aço de 3 m	Base metálica de nivelamento em antiga guarita de pedra	3	1
ALCO	Mastro de metal	Lateralmente em parede de betão de telhado de edifício	1	1
ALME	Mastro de treliça em aço de 3 m	Base metálica de nivelamento em cobertura de edifício	3	0
ARRA	Mastro de metal	Lateralmente em parede de betão com antenas na envolvente	1	1
AZGR	Pilar de betão	Base de metal de nivelamento	-	-
BEJE	Mastro de metal	Lateralmente em parede de edifício	0	0
BENA	Bastão	Cobertura	0	0
BORB	Pilar de betão	Bloco de betão	0	1
BORR	Torre de metal de 1.05 m	Cobertura de edifício	0	0
BRAG	Mastro de metal	Lateralmente em parede de edifício	0	0
CANT	Mastro de treliça em aço de 3 m	Base metálica de nivelamento em cobertura de edifício, perto do mar	2	1
CASC	Pilar de betão	Edifício antigo, perto do mar	4	2
COBA	Pilar de betão de 0.5 m	Cobertura de edifício	1	1
COIM	Mastro de metal	Cobertura	0	0
COVI	Mastro de metal	Parede de betão em cobertura de edifício	0	0
CRAI	Mastro de metal	Lateralmente, entre telhados	1	1
EBRE	Pilar de betão armado com 4.2 m	Fundação de 2m	2	0
ELVA	Mastro de metal	Lateralmente em parede antiga, junto a telhado	0	0
ESCO	Pilar de betão armado com 3 m	Fundação de 2m	5	1
ESPI	Mastro de metal	Cobertura de edifício	0	0
EVOR	Mastro de metal	Lateralmente em parede antiga, junto a telhados	0	0
FARO	Mastro de metal	Cobertura de edifício	0	0
FCUL	Estrutura metálica	Lateralmente em cobertura de edifício	-	-
FLRS	Pilar de betão a 8m de altura	Cobertura de edifício	0	0
FUNC	Mastro de treliça a 8m de altura	Telhado	2	1
GAIA	Estrutura metálica em Vértice Geodésico	Vértice Geodésico	4	0
GUAR	Pilar de betão	Bloco de betão	0	0

Tabela A-4 - Descrição da monumentação, número de alterações de receptor e antena das estações.

ID	Monumentação		Nº de Alterações Receptor	Nº de Alterações Antena
	Descrição	Fundação		
HUEL	Cobertura de betão de 0.5 m	Base metálica de nivelamento em solo de cobertura de edifício	0	0
IGEO	Mastro de metal	Cobertura de edifício	-	-
IMMA	Mastro de metal	Bloco de betão	-	-
LAGO	Mastro de treliça	Terraço de forte séc. 17	3	1
LEIR	Mastro de metal	Cobertura de edifício	0	0
LEON	Pilar de betão de 2.5 m a partir do solo	Base metálica de nivelamento com fundação do pilar de 1 m	1	1
MAD2	2 Apoios de bronze a 0.203 m do solo	Cobertura de 5.15 m de altura	2	0
MADR	2 Apoios de bronze a 0.203 m do solo	Cobertura de 5.15 m de altura	1	1
MAFR	Mastro de metal	Lateralmente em parede de edifício recente	1	1
MALA	Mastro de treliça com 3 m	Base de nivelamento em pilar de betão de 0.5 m em cobertura	1	1
MALL	Pilar de betão de 0.5 m	Base metálica de nivelamento em cobertura de edifício	1	1
MERT	Pilar de betão	Bloco de betão	0	0
PACO (PARC)	Mastro de metal	Lateral e verticalmente em cobertura	1	1
PDEL	Mastro de treliça a 1m de altura	Telhado de edifício	2	1
SAGR	Mastro em metal	Lateralmente em parede de edifício	0	0
SALA	Pilar de betão com 0.8 m	Cobertura de edifício com corrimão lateral	1	1
SFER	Mastro metálico com 1.626 m	Cobertura	4	4
SMAM	Mastro de metal	Lateralmente em parede de betão, antenas na proximidade	0	0
SMGR (SMAR)	Mastro de metal	Lateralmente em parede de edifício, antena na proximidade	0	0
TAVI	Mastro de metal	Lateralmente em parede de edifício antigo	0	0
TMAD	Mastro de metal	Lateralmente em cobertura de edifício	0	0
VALA	Pilar de betão com 0.5 m	Cobertura de edifício	1	3
VALE	Pilar em treliça de 3 m	Cobertura de edifício	2	1
VIGO	Pilar de betão com 0.5 m	Base de nivelamento em pilar de betão de 0.5 m em cobertura	1	0
VILL	Pilar de betão com 1 m	Fundação em terreno a 1m do solo	5	2
WISE	Mastro de metal	Cobertura de edifício	0	0
VREA	Mastro de metal	Lateralmente em parede de edifício	0	0
YEBE	Pilar de betão com 1.2 m	Base de nivelamento em cobertura de edifício a 100 m de antena VLBI	1	0

Anexo B – Período de Registo e Número de Observações das Séries GPS

Tabela B-1 - Séries temporais de posição GPS consideradas no processamento, respectivo período de registo e número de observações.

ID Estação	Ano de Registo Inicial	Ano de Registo Final	Numero de Registos
ACOR	2000.03962	2011.99863	553
ALCO	2006.17123	2011.99863	250
ALME	2001.01507	2011.99863	568
ARRA	2006.17123	2011.99863	267
AZGR	2008.49044	2011.99863	184
BEJE	2006.82329	2011.99863	264
BENA	2009.00685	2011.99863	157
BORB	2009.67808	2011.99863	121
BORR	2007.74383	2011.99863	223
BRAG	2007.82055	2011.57671	192
CANT	2003.87260	2011.76849	413
CASC	1998.35205	2011.99863	697
COBA	2005.13561	2011.99863	322
COIM	2006.72740	2011.99863	268
COVI	2008.01229	2011.99863	190
CRAI	2006.17123	2011.99863	301
EBRE	2000.00136	2011.99863	627
ELVA	2008.18442	2011.99863	190
ESCO	2000.02049	2011.99863	537
ESPI	2007.28356	2011.99863	225
EVOR	2006.90000	2011.99863	261
FARO	2007.28356	2011.99863	247
FCUL	2005.40411	2011.99863	334
FLRS	2008.50956	2011.99863	183
FUNC	2007.70548	2011.99863	224
GAIA	2000.80464	2011.99863	570
GUAR	2009.19863	2011.99863	132
HUEL	2007.66712	2011.99863	227

ID Estação	Ano de Registo Inicial	Ano de Registo Final	Numero de Registos
IGEO	2006.72740	2011.90274	228
IMMA	1999.19589	2009.08356	431
LAGO	2000.26912	2011.99863	591
LEIR	2006.95753	2011.99863	260
LEON	2009.46712	2011.99863	133
MAD2	1998.44794	2011.99863	539
MADR	1998.98493	2011.99863	628
MAFR	2006.17123	2011.99863	299
MALA	2005.80685	2011.99863	324
MALL	2001.01507	2011.99863	573
MERT	2009.00685	2011.99863	156
PACO	2007.28356	2011.99863	244
PDEL	2000.30738	2006.95753	336
SAGR	2008.43306	2011.99863	156
SALA	2006.82329	2011.99863	272
SFER	1998.35205	2011.99863	701
SMAM	2008.50956	2011.42329	109
SMGR	2007.28356	2011.99863	240
TAVI	2008.54781	2011.99863	169
TMAD	2010.29178	2011.99863	85
VALA	2008.24180	2011.99863	188
VALE	2001.01507	2011.99863	527
VIGO	2005.80685	2011.99863	317
VILL	1998.35205	2011.99863	698
WISE	2007.57123	2011.99863	203
VREA	2007.51370	2011.99863	227
YEBE	2000.74727	2011.99863	586

Anexo C – Caracterização das Séries de Posição GPS

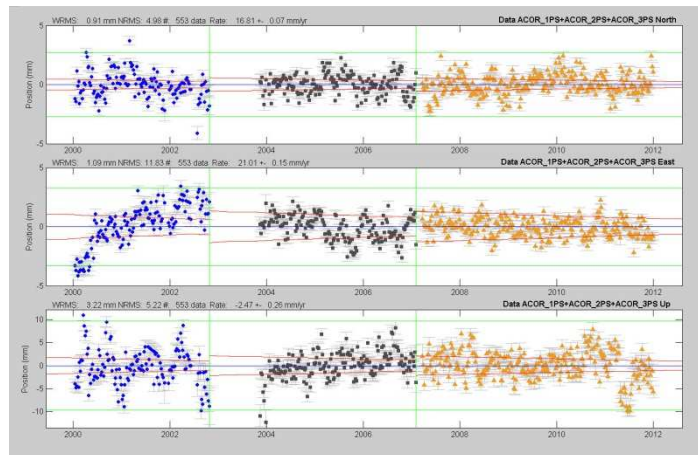


Figura C-1 - Série temporal da estação ACOR após remoção da tendência.

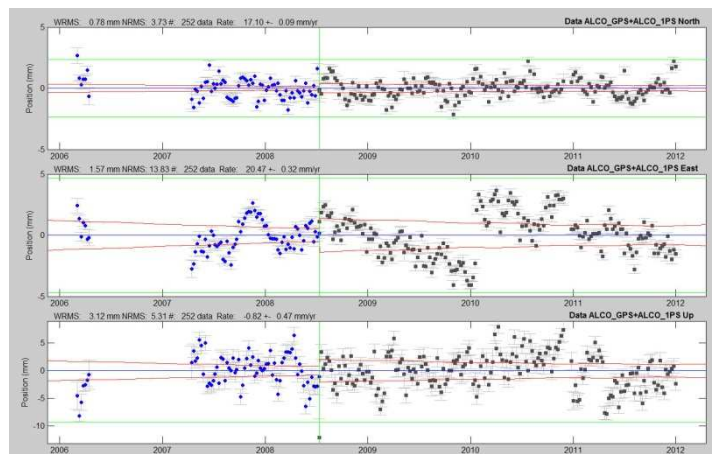


Figura C-2 - Série temporal da estação ALCO após remoção da tendência.

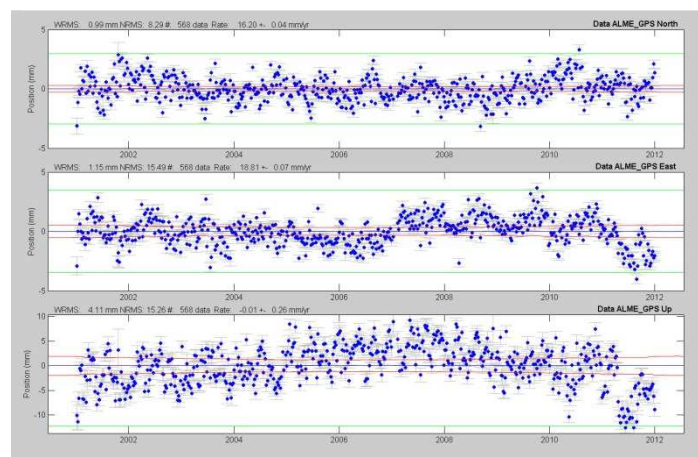


Figura C-3 - Série temporal da estação ALME após remoção da tendência.

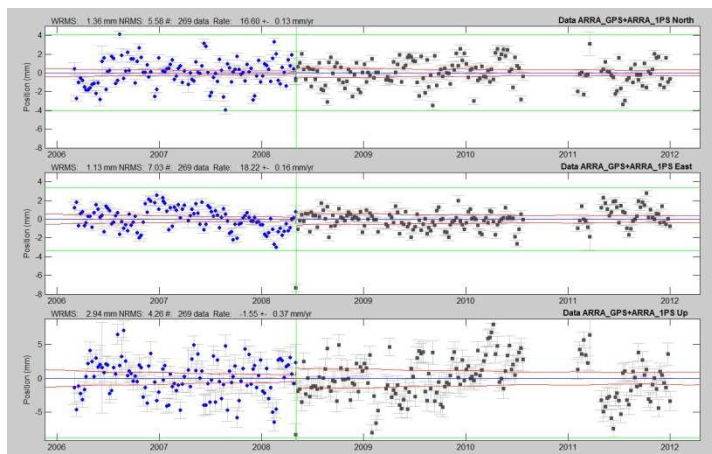


Figura C-4 - Série temporal da estação ARRA após remoção da tendência.

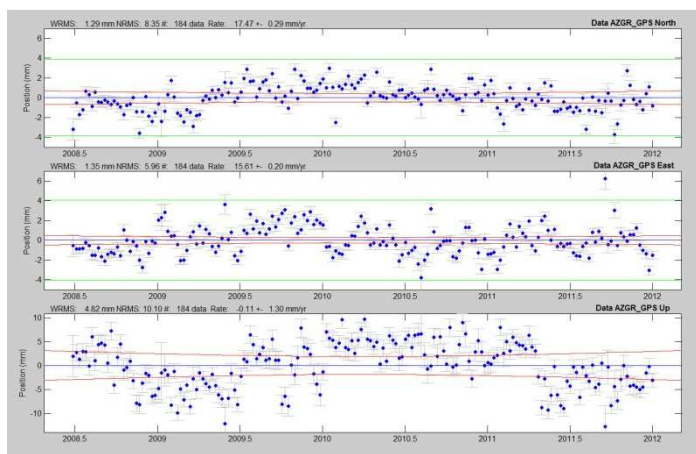


Figura C-5 - Série temporal da estação AZGR após remoção da tendência.

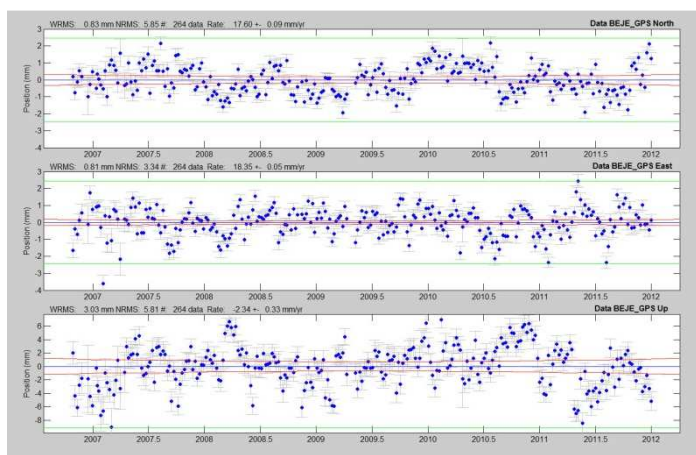


Figura C-6 - Série temporal da estação BEJE após remoção da tendência.

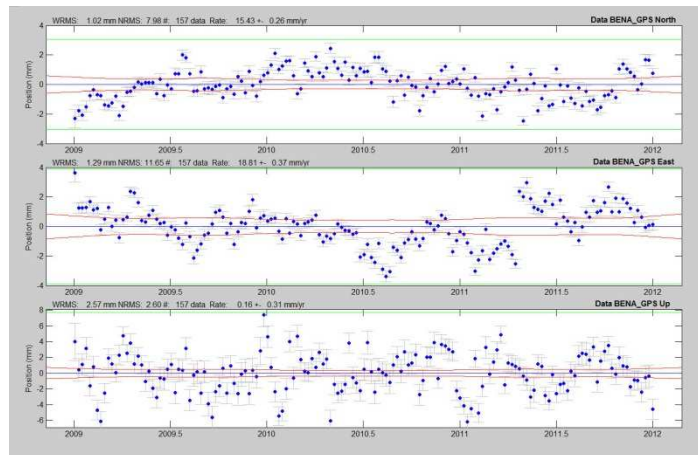


Figura C-7 - Série temporal da estação BENA após remoção da tendência.

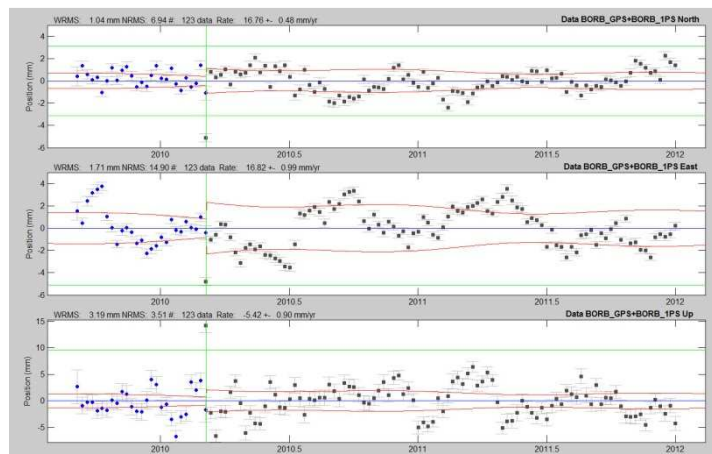


Figura C-8 - Série temporal da estação BORB após remoção da tendência.

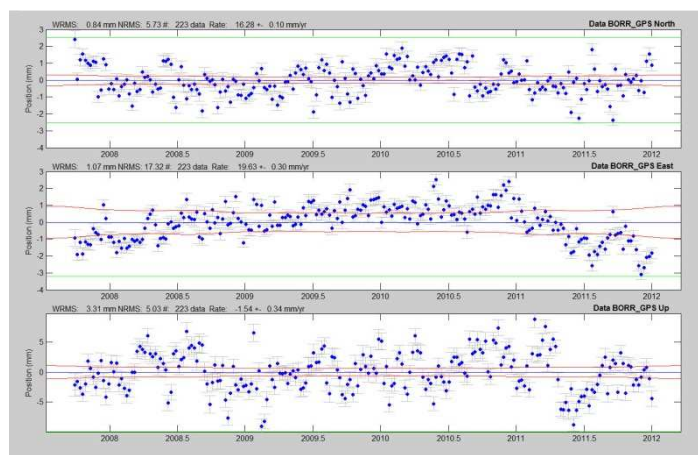


Figura C-9 - Série temporal da estação BORR após remoção da tendência.

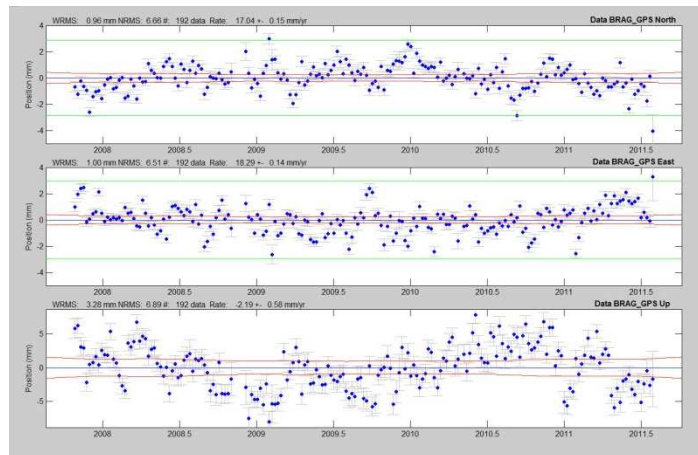


Figura C-10 - Série temporal da estação BRAG após remoção da tendência.

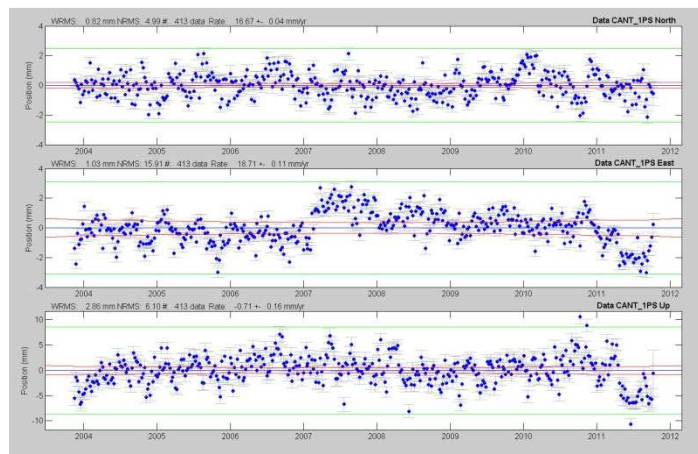


Figura C-11 - Série temporal da estação CANT após remoção da tendência.

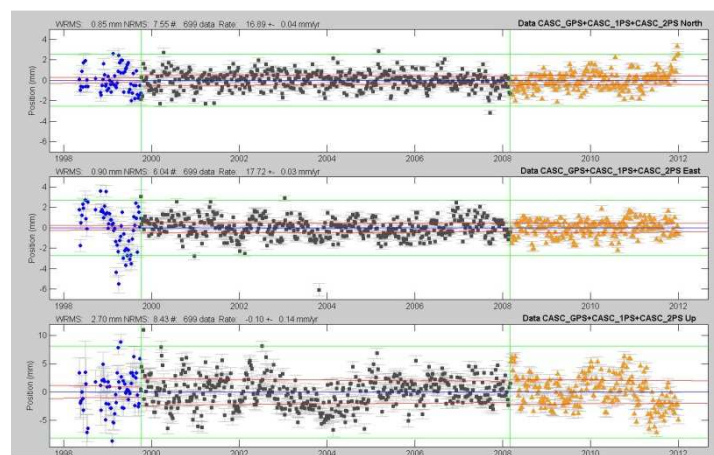


Figura C-12 - Série temporal da estação CASC após remoção da tendência.

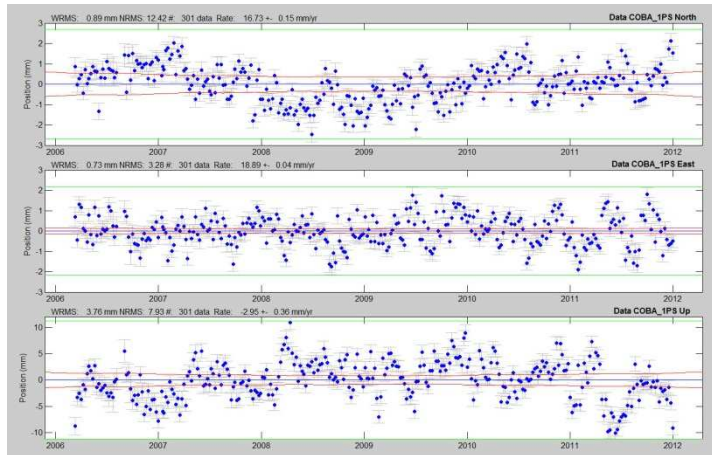


Figura C-13 - Série temporal da estação COBA após remoção da tendência.

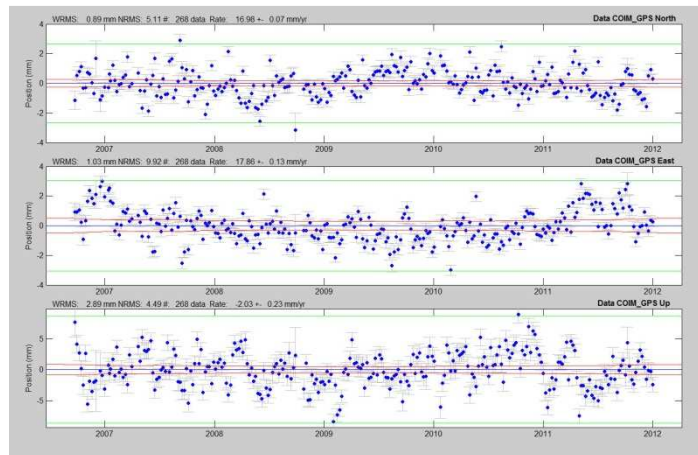


Figura C-14 - Série temporal da estação COIM após remoção da tendência.

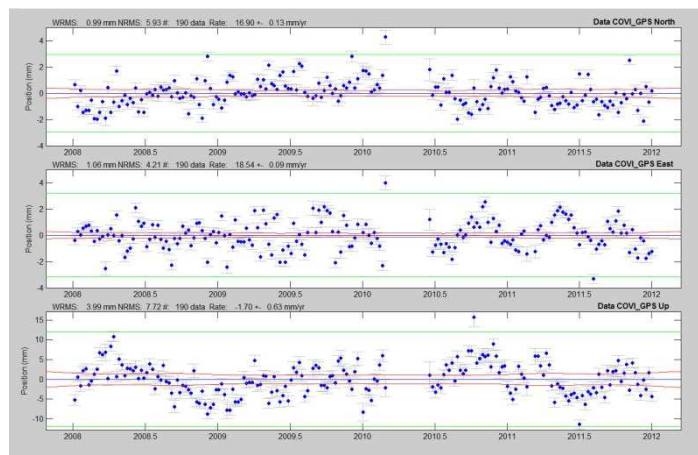


Figura C-15 - Série temporal da estação COVI após remoção da tendência.

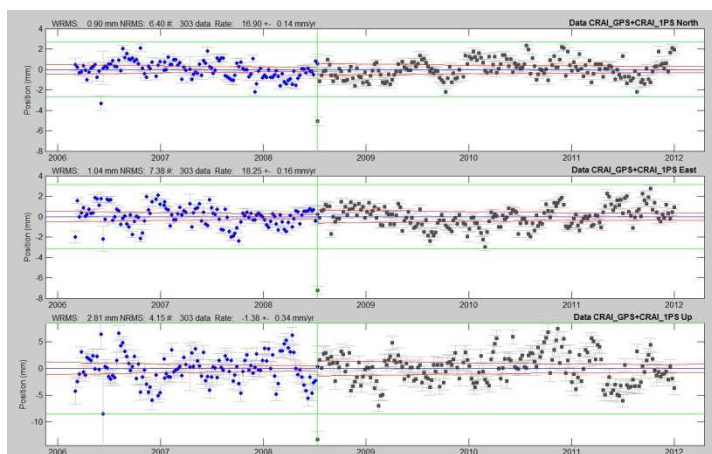


Figura C-16 - Série temporal da estação CRAI após remoção da tendência.

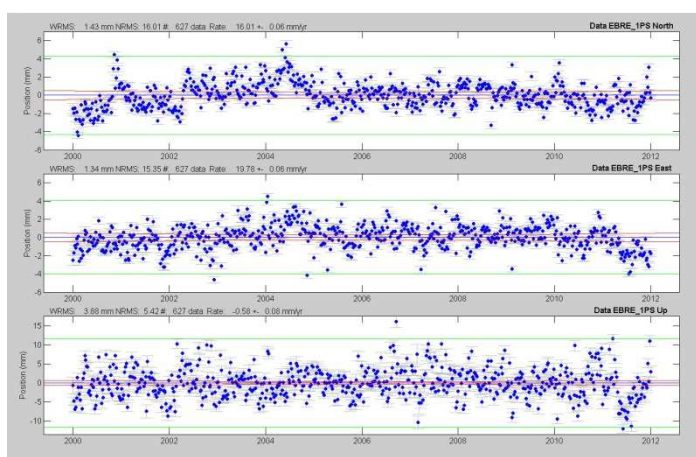


Figura C-17 - Série temporal da estação EBRE após remoção da tendência.

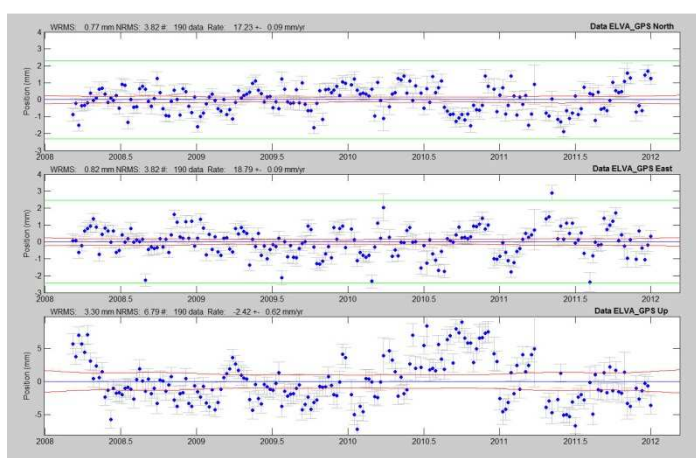


Figura C-18 - Série temporal da estação ELVA após remoção da tendência.

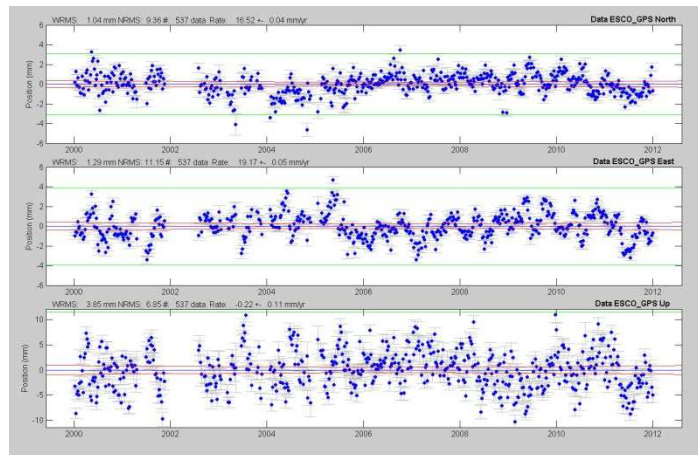


Figura C-19 - Série temporal da estação ESCO após remoção da tendência.

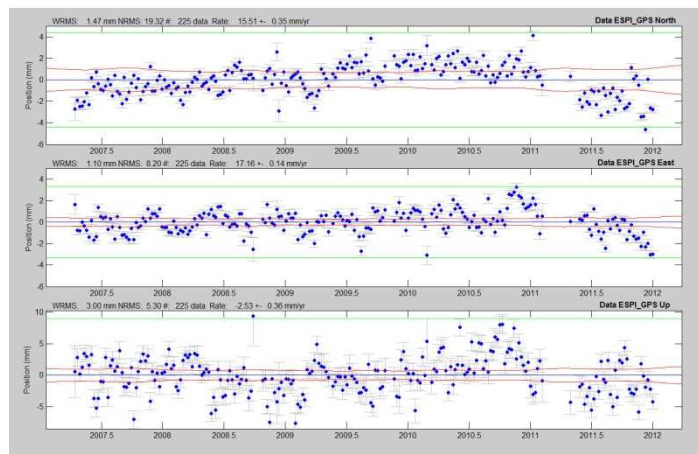


Figura C-20 - Série temporal da estação ESPI após remoção da tendência.

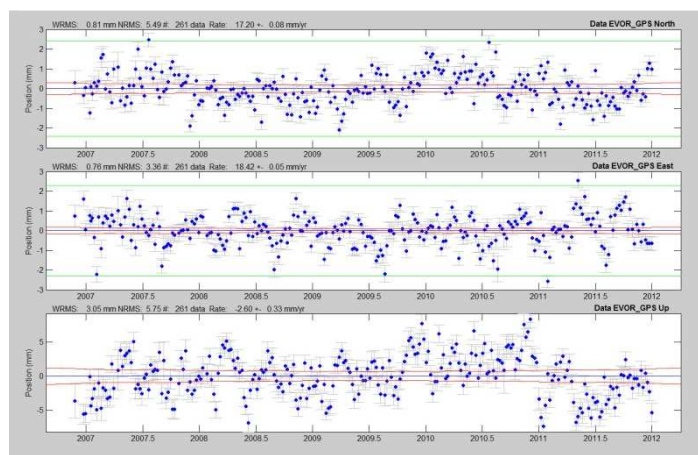


Figura C-21 - Série temporal da estação EVOR após remoção da tendência.

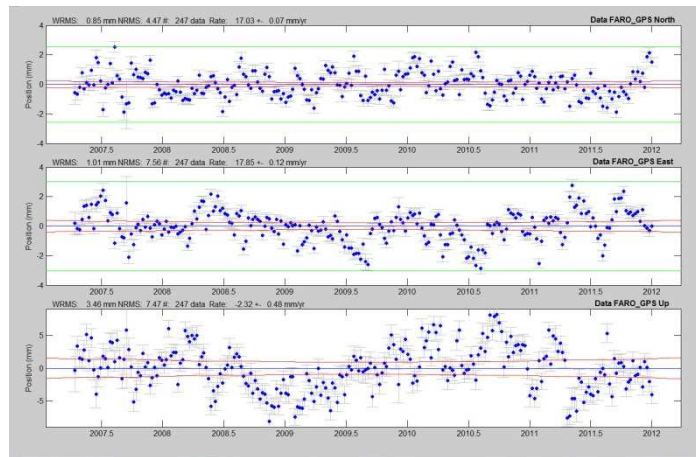


Figura C-22 - Série temporal da estação FARO após remoção da tendência.

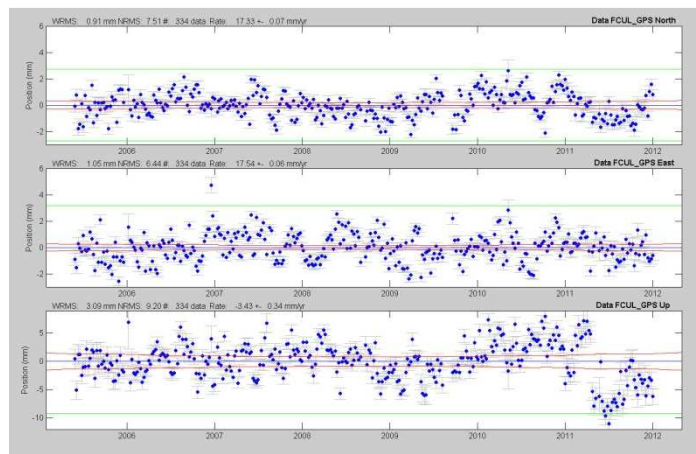


Figura C-23 - Série temporal da estação FCUL após remoção da tendência.

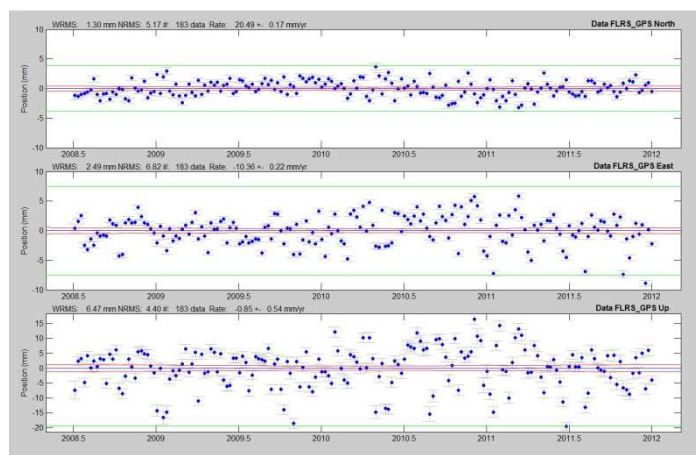


Figura C-24 - Série temporal da estação FLRS após remoção da tendência.

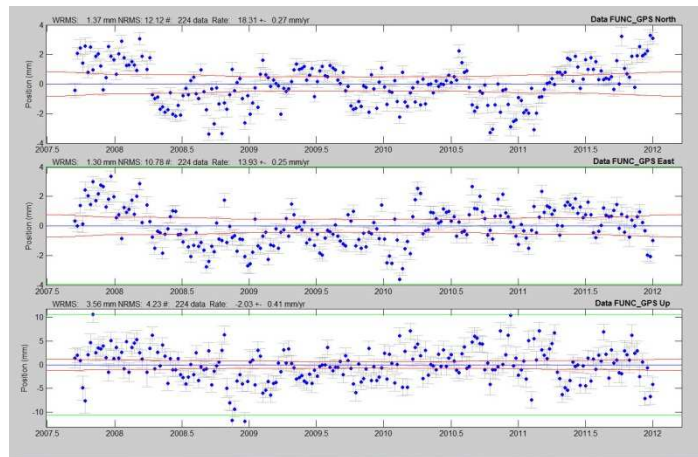


Figura C-25 - Série temporal da estação FUNC após remoção da tendência.

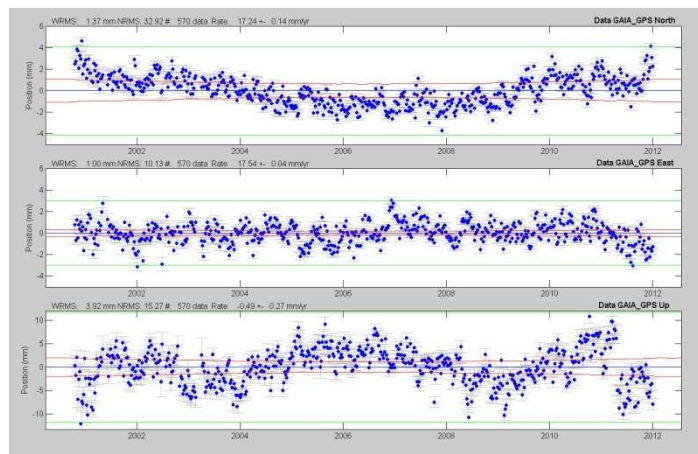


Figura C-26 - Série temporal da estação GAIA após remoção da tendência.

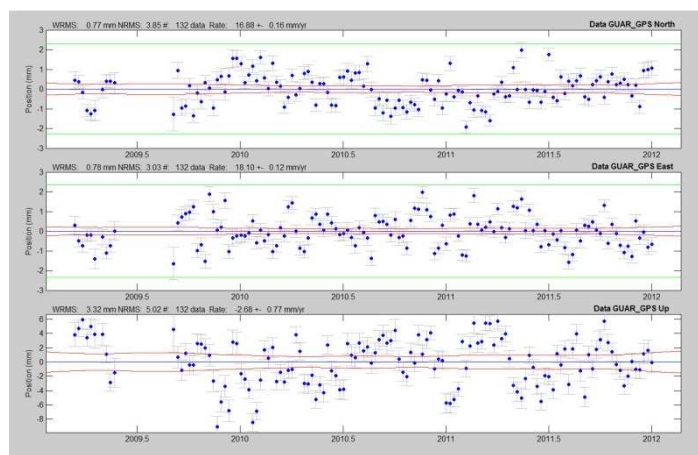


Figura C-27 - Série temporal da estação GUAR após remoção da tendência.

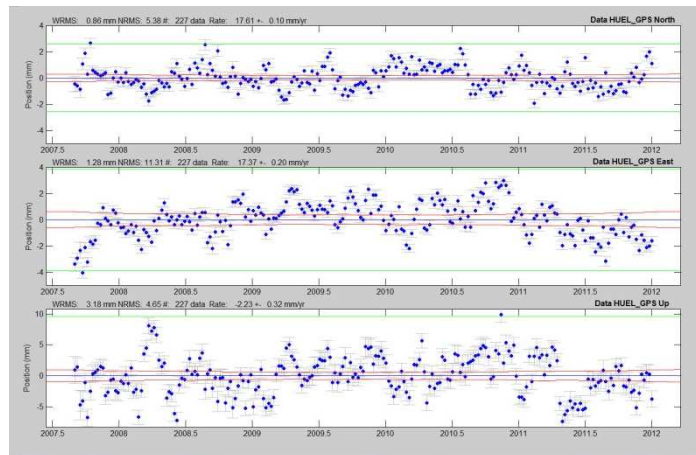


Figura C-28 - Série temporal da estação HUEL após remoção da tendência.

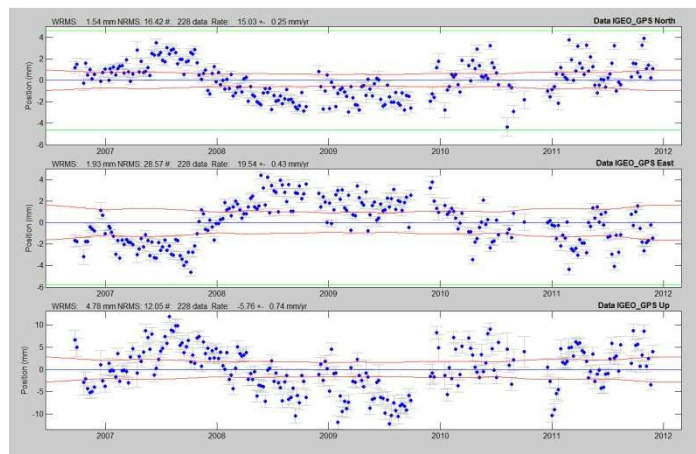


Figura C-29 - Série temporal da estação IGEO após remoção da tendência.

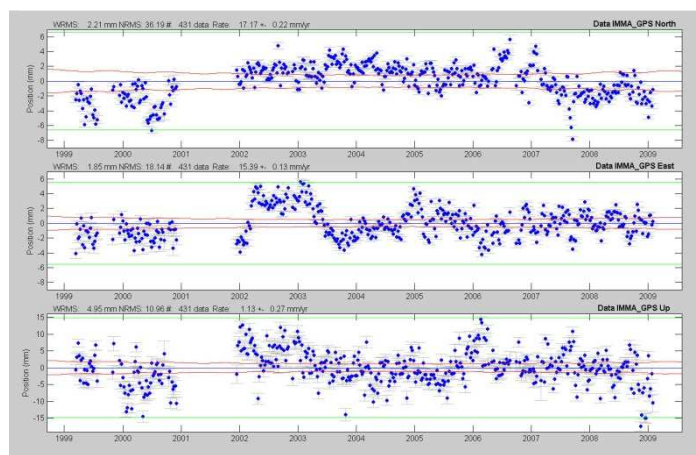


Figura C-30 - Série temporal da estação IMMA após remoção da tendência.

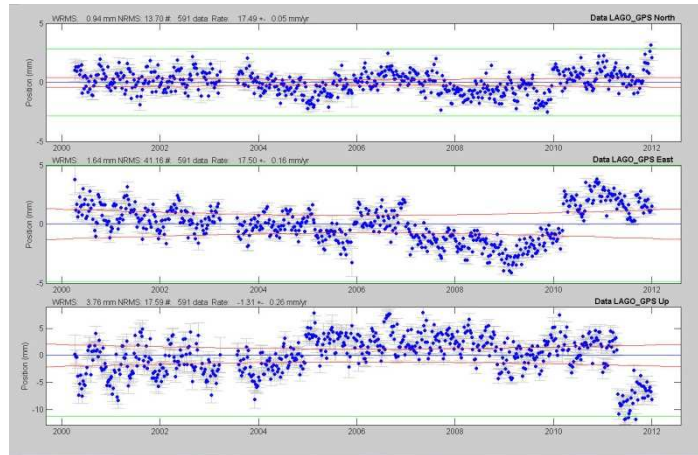


Figura C-31 - Série temporal da estação LAGO após remoção da tendência.

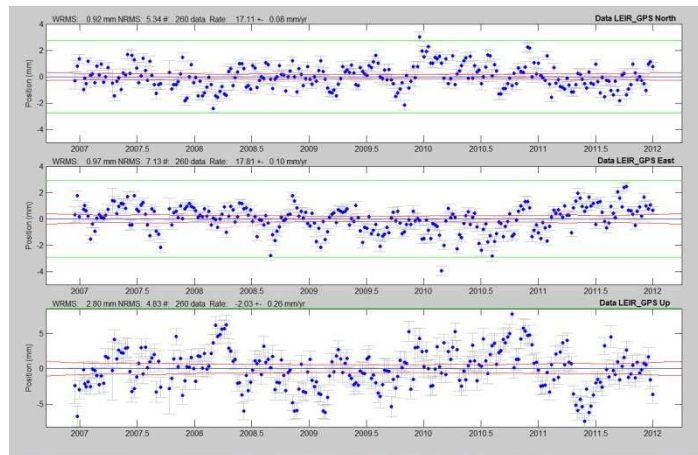


Figura C-32 - Série temporal da estação LEIR após remoção da tendência.

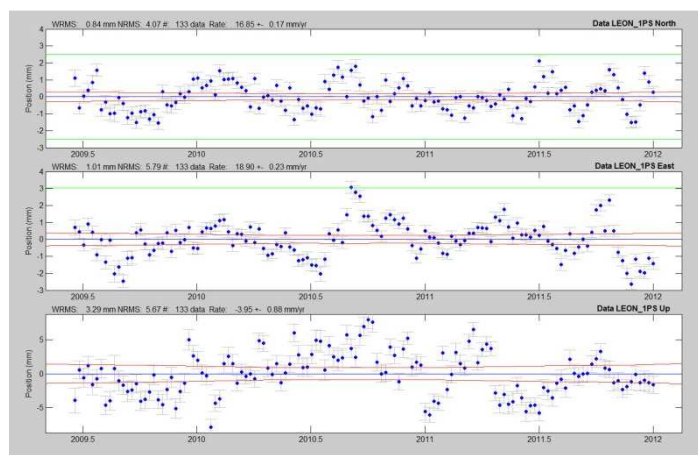


Figura C-33 - Série temporal da estação LEON após remoção da tendência.

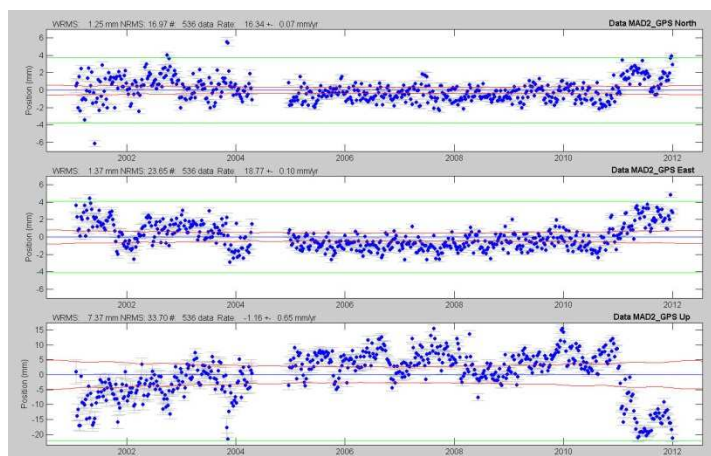


Figura C-34 - Série temporal da estação MAD2 após remoção da tendência.

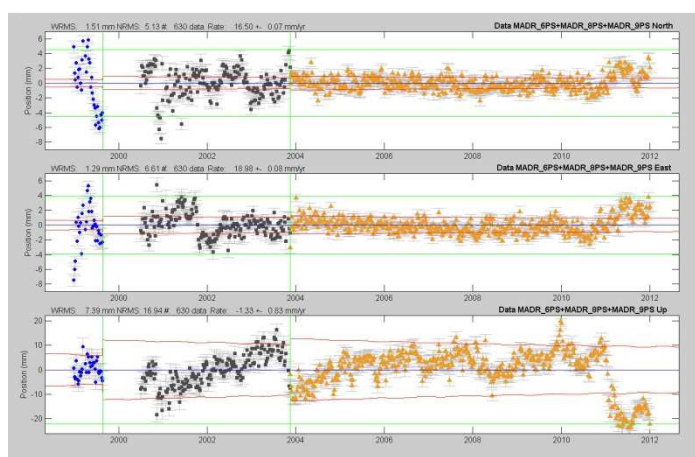


Figura C-35 - Série temporal da estação MADR após remoção da tendência.

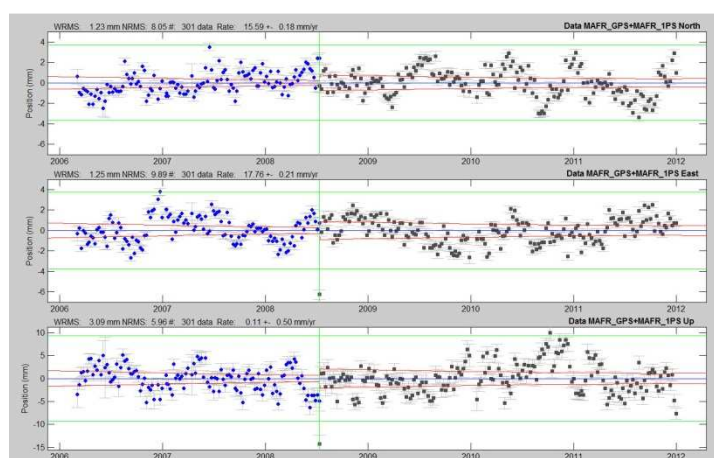


Figura C-36 - Série temporal da estação MAFR após remoção da tendência.

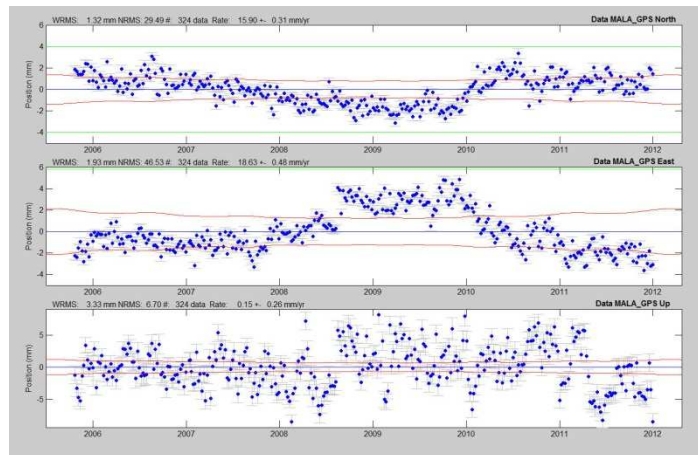


Figura C-37 - Série temporal da estação MALA após remoção da tendência.

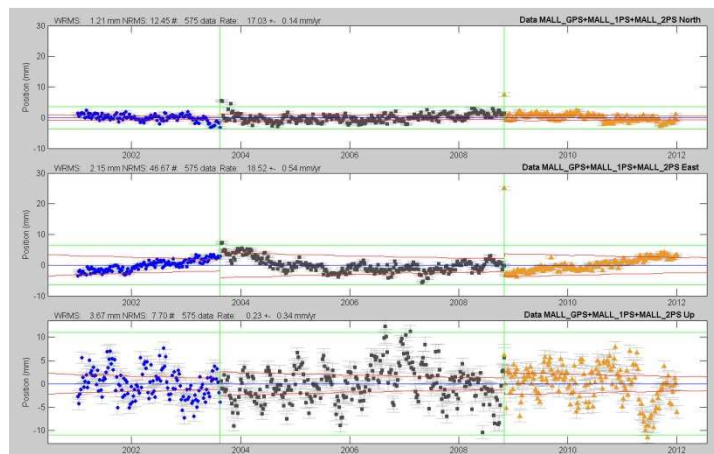


Figura C-38 - Série temporal da estação MALL após remoção da tendência.

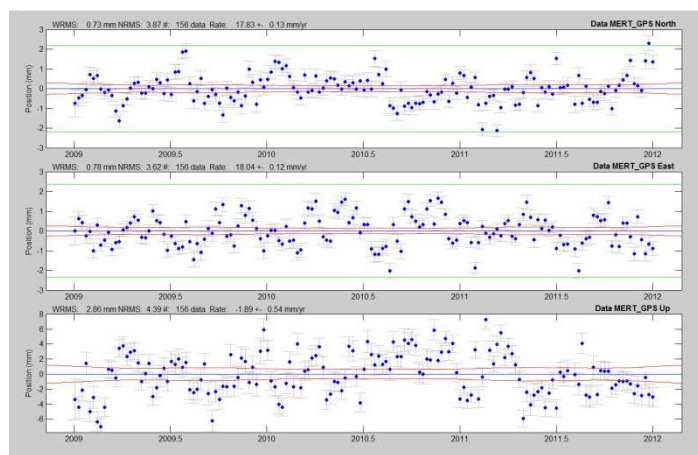


Figura C-39 - Série temporal da estação MERT após remoção da tendência.

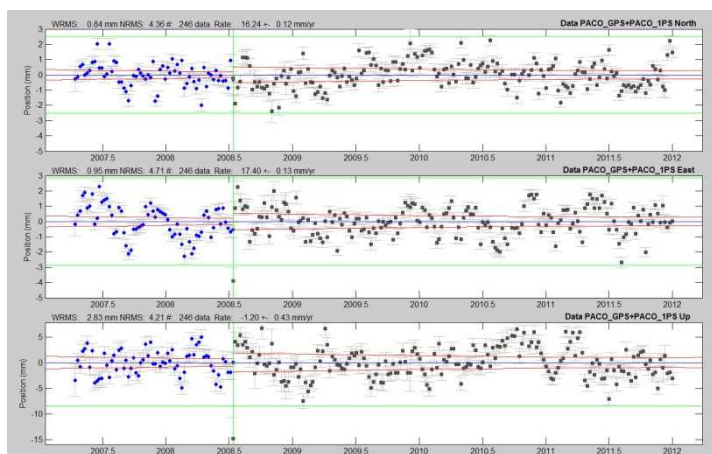


Figura C-40 - Série temporal da estação PACO após remoção da tendência.

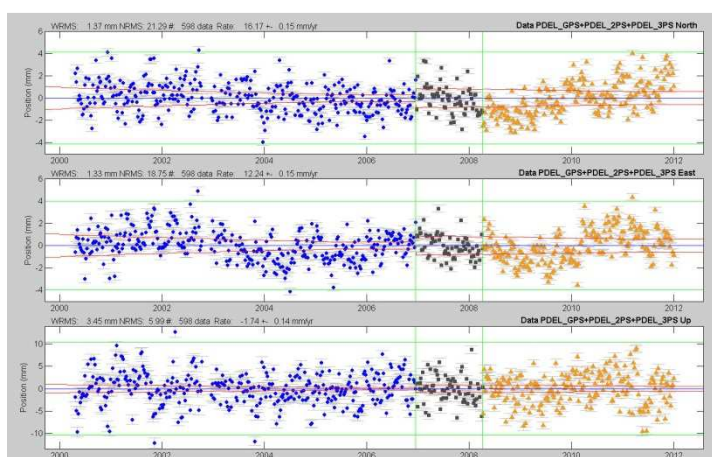


Figura C-41 - Série temporal da estação PDEL após remoção da tendência.

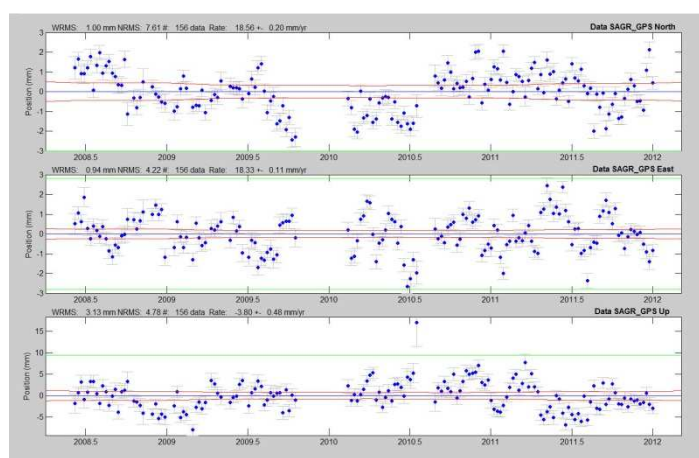


Figura C-42 - Série temporal da estação SAGR após remoção da tendência.

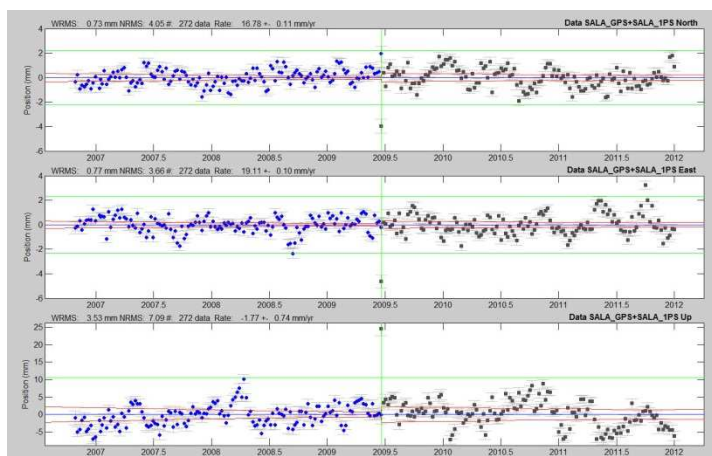


Figura C-43 - Série temporal da estação SALA após remoção da tendência.

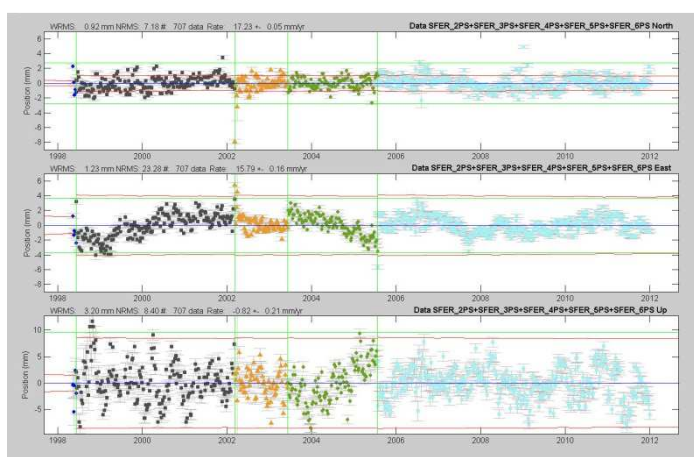


Figura C-44 - Série temporal da estação SFER após remoção da tendência.

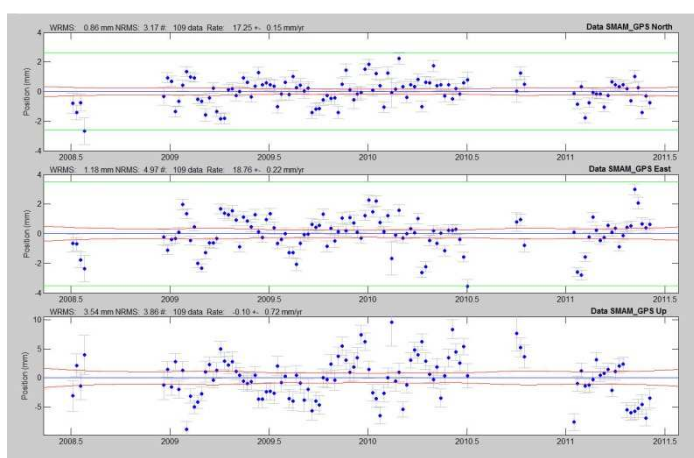


Figura C-45 - Série temporal da estação SMAM após remoção da tendência.

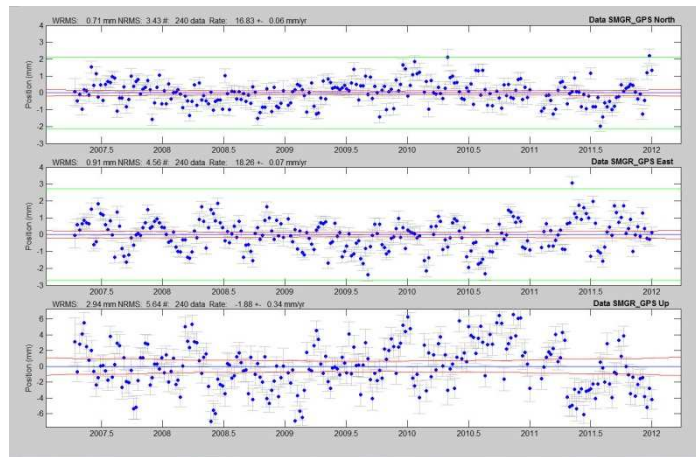


Figura C-46 - Série temporal da estação SMGR após remoção da tendência.

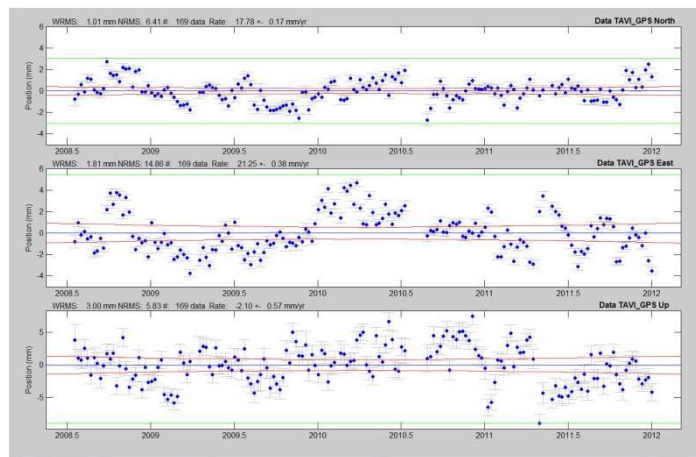


Figura C-47 - Série temporal da estação TAVI após remoção da tendência.

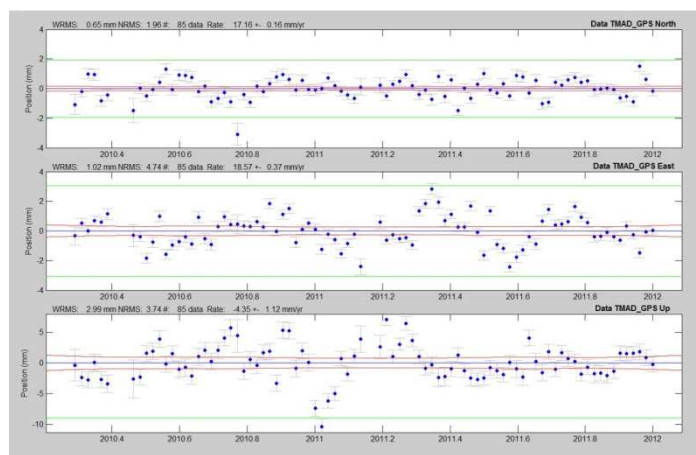


Figura C-48 - Série temporal da estação TMAD após remoção da tendência.

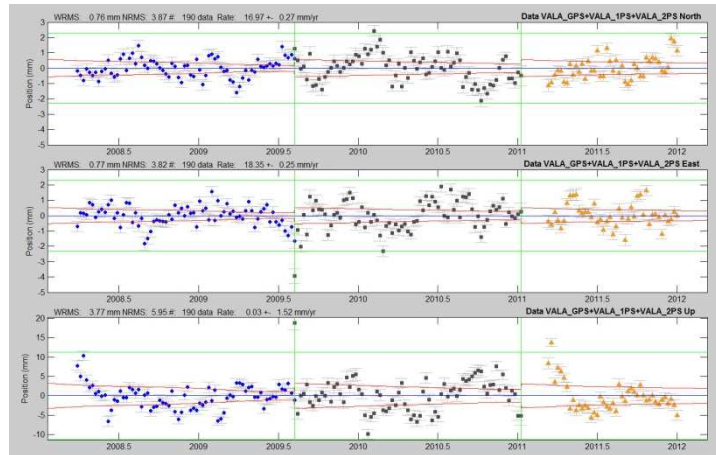


Figura C-49 - Série temporal da estação VALA após remoção da tendência.

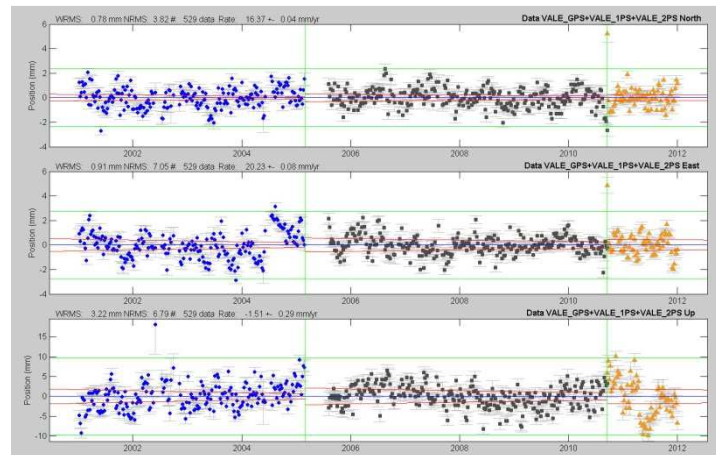


Figura C-50 - Série temporal da estação VALE após remoção da tendência.

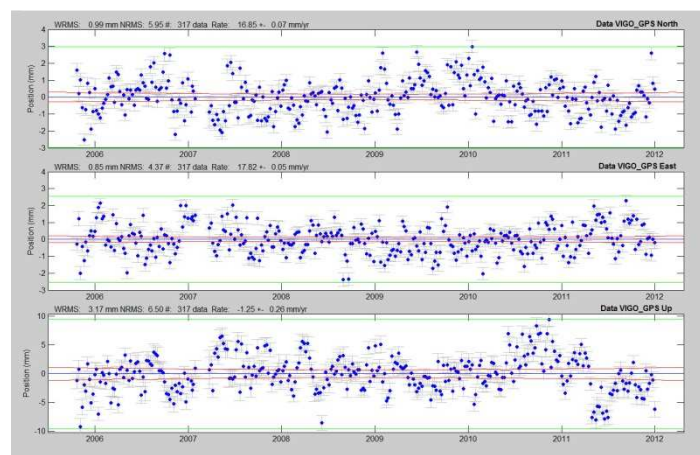


Figura C-51 - Série temporal da estação VIGO após remoção da tendência.

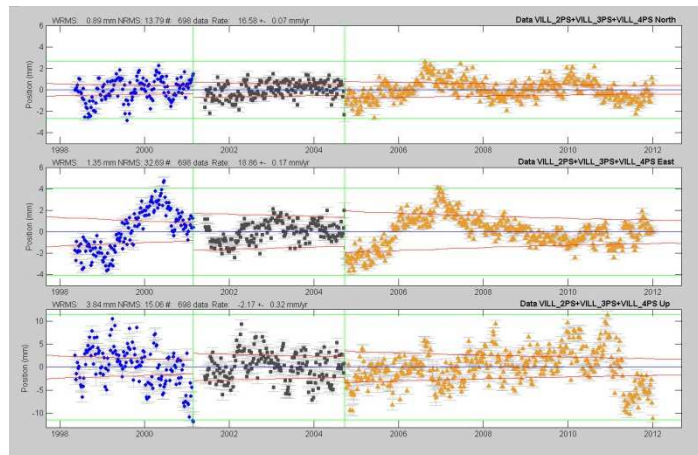


Figura C-52 - Série temporal da estação VILL após remoção da tendência.

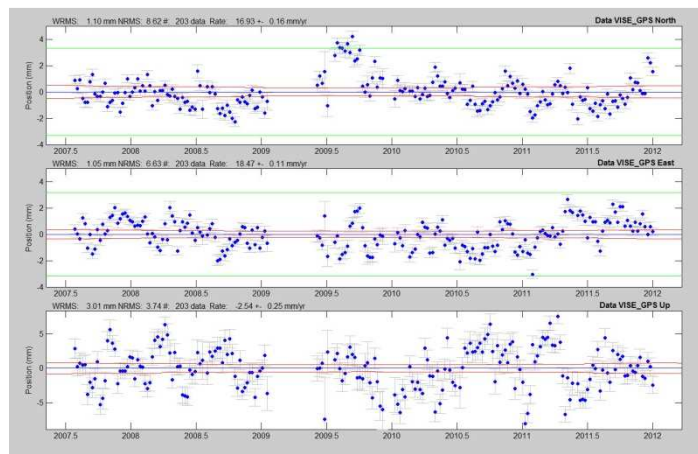


Figura C-53 - Série temporal da estação VISE após remoção da tendência.

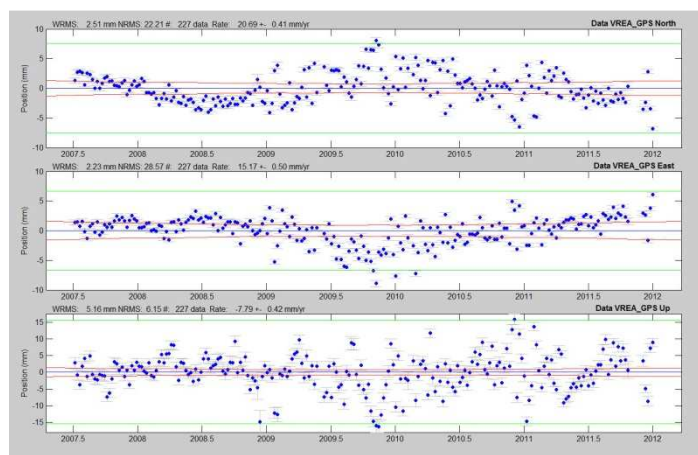


Figura C-54 - Série temporal da estação VREA após remoção da tendência.

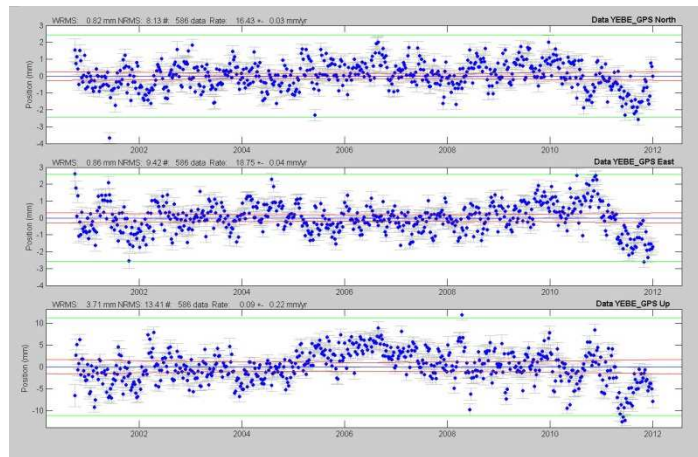


Figura C-55 - Série temporal da estação YEBE após remoção da tendência.

Anexo D – Registo dos Dados Processados

Tabela D-1 - Incertezas realistas para as velocidades das estações, obtidas através do GGMatlab (cont.).

ID Estação	Incerteza (mm/ano)		
	N	E	V
ACOR	0.07	0.15	0.26
ALCO	0.09	0.32	0.47
ALME	0.04	0.07	0.26
ARRA	0.13	0.16	0.37
AZGR	0.29	0.20	1.30
BEJE	0.09	0.05	0.33
BENA	0.26	0.37	0.31
BORB	0.48	0.99	0.90
BORR	0.10	0.30	0.34
BRAG	0.15	0.14	0.58
CANT	0.04	0.11	0.16
CASC	0.04	0.03	0.14
COBA	0.15	0.04	0.36
COIM	0.07	0.13	0.23
COVI	0.13	0.09	0.63
CRAI	0.14	0.16	0.34
EBRE	0.06	0.06	0.08
ELVA	0.09	0.09	0.62
ESCO	0.04	0.05	0.11
ESPI	0.35	0.14	0.36
EVOR	0.08	0.05	0.33
FARO	0.07	0.12	0.48
FCUL	0.07	0.06	0.34
FLRS	0.17	0.22	0.54
FUNC	0.27	0.25	0.41
GAIA	0.14	0.04	0.27
GUAR	0.16	0.12	0.77

Tabela D-1 - Incertezas realistas para as velocidades das estações, obtidas através do GGMatlab.

ID Estação	Incerteza (mm/ano)		
	N	E	V
HUEL	0.10	0.20	0.32
IGEO	0.25	0.43	0.74
IMMA	0.22	0.13	0.27
LAGO	0.05	0.16	0.26
LEIR	0.08	0.10	0.26
LEON	0.17	0.23	0.88
MAD2	0.07	0.10	0.65
MADR	0.07	0.08	0.83
MAFR	0.18	0.21	0.50
MALA	0.31	0.48	0.26
MALL	0.14	0.54	0.34
MERT	0.13	0.12	0.54
PACO	0.12	0.13	0.43
PDEL	0.15	0.15	0.14
SAGR	0.20	0.11	0.48
SALA	0.11	0.10	0.74
SFER	0.05	0.16	0.21
SMAM	0.15	0.22	0.72
SMGR	0.06	0.07	0.34
TAVI	0.17	0.38	0.57
TMAD	0.16	0.37	1.12
VALA	0.27	0.25	1.52
VALE	0.04	0.08	0.29
VIGO	0.07	0.05	0.26
VILL	0.07	0.17	0.32
WISE	0.16	0.11	0.25
VREA	0.41	0.50	0.42
YEBE	0.03	0.04	0.22
Média	0.14	0.19	0.46

Tabela D-2 - Amplitude das estimativas de ruído para as componentes Norte, Este e Vertical das séries temporais das estações para cinco diferentes tipos de modelos estocásticos (cont.).

ID Estação	Ruído Branco (mm)			Ruído Rosa (mm/ano)			Ruído Vermelho (mm/ano)			Ruído Branco + Ruído Rosa (mm/ano)			Ruído Branco + Ruído Vermelho (mm/ano)					
	N	E	V	N	E	V	N	E	V	Ruído Branco (mm)			Ruído Branco + Ruído Vermelho (mm/ano)					
										N	E	V	N	E	V	N	E	V
ACOR	0.93	1.08	3.31	2.33	2.30	7.59	6.80	6.70	21.76	2.33	2.30	7.59	0.66	0.63	2.02	2.38	2.28	8.89
ALCO	0.79	1.60	3.01	1.89	2.54	6.70	5.74	6.82	19.96	1.68	2.54	6.70	0.54	0.47	1.76	2.23	4.92	10.09
ALME	1.02	1.17	4.13	2.47	2.45	7.73	7.82	7.84	23.27	1.68	1.73	7.73	0.80	0.78	2.15	1.67	1.63	10.24
ARRA	1.38	1.05	2.85	3.92	2.62	7.26	12.09	7.66	21.96	2.11	2.53	6.20	1.38	0.78	2.14	0.00	2.32	6.14
AZGR	1.32	1.48	4.80	3.00	3.43	9.32	9.32	10.57	28.80	2.30	3.16	8.61	1.02	0.98	2.70	1.51	4.30	10.56
BEJE	0.83	0.84	3.01	1.97	2.20	6.64	5.90	6.42	18.44	1.79	2.18	6.64	0.57	0.61	1.60	1.70	2.48	9.70
BENA	1.01	1.28	2.52	2.09	2.30	6.44	6.34	6.51	19.80	2.05	2.30	5.72	0.64	0.53	1.84	2.03	3.92	8.26
BORB	0.92	1.67	2.76	2.01	2.74	6.18	6.13	6.99	17.34	1.92	2.74	6.18	0.58	0.35	1.11	2.28	6.02	13.36
BORR	0.85	1.03	3.26	2.06	1.73	7.29	6.46	5.26	21.74	1.48	1.70	7.29	0.67	0.50	2.00	1.37	1.84	10.28
BRAG	0.99	1.03	3.26	2.22	2.44	6.25	6.82	7.57	18.60	1.93	1.98	6.25	0.66	0.82	1.70	2.38	1.52	8.47
CANT	0.83	1.06	2.87	2.13	1.98	6.52	6.52	5.83	19.03	1.73	1.98	6.52	0.63	0.55	1.78	1.81	2.00	7.34
CASC	0.88	1.40	2.78	2.44	2.67	6.87	7.64	7.84	20.51	1.45	2.65	6.19	0.79	0.77	1.99	0.98	2.43	6.51
COBA	0.90	0.72	3.61	1.90	1.85	7.41	5.58	5.44	19.92	1.90	1.82	7.41	0.53	0.50	1.58	1.88	2.14	12.09
COIM	0.92	1.06	2.83	2.49	2.33	6.90	7.61	6.72	19.92	1.55	2.33	6.90	0.82	0.62	1.78	0.82	2.82	8.85
COVI	1.02	1.11	4.05	2.52	2.95	8.56	8.03	9.25	26.20	1.49	1.89	7.84	0.85	0.95	2.52	1.02	2.19	9.30
CRAI	0.88	1.00	2.75	2.14	2.36	6.74	6.51	6.75	19.84	1.83	2.36	6.66	0.62	0.66	1.83	1.83	2.58	7.63
EBRE	1.40	1.34	3.92	2.98	3.30	10.61	8.82	10.16	32.98	2.96	2.44	7.37	0.83	1.01	3.32	3.07	2.11	6.20
ELVA	0.77	0.84	3.36	1.90	2.04	6.21	5.92	6.28	18.07	1.46	1.81	6.21	0.60	0.58	1.55	1.62	2.62	9.47
ESCO	1.07	1.29	3.79	2.47	2.45	8.96	7.41	6.28	26.21	2.16	2.45	8.89	0.71	0.47	2.52	2.20	4.16	9.27
ESPI	1.46	1.10	3.00	2.83	2.38	6.96	8.98	7.22	21.50	2.16	2.25	5.71	0.90	0.69	2.27	1.75	2.77	5.28
EVOR	0.79	0.77	3.03	1.97	1.97	6.54	5.92	5.70	18.03	1.66	1.97	6.54	0.59	0.53	1.44	1.52	2.45	10.50
FARO	0.87	1.03	3.37	2.08	2.09	6.45	6.30	6.18	19.13	2.05	2.09	6.45	0.59	0.52	1.64	2.78	3.36	9.97
FCUL	0.93	1.06	3.36	2.15	2.73	6.97	6.35	8.18	19.67	2.09	2.40	6.97	0.59	0.81	1.74	2.28	2.43	9.35
FLRS	1.33	2.55	6.68	3.58	7.13	18.35	11.39	23.16	58.19	1.40	2.28	7.10	1.23	2.49	6.68	0.85	0.96	0.00
FUNC	1.38	1.28	3.63	2.68	2.57	9.31	8.27	7.73	30.25	2.45	2.57	5.68	0.78	0.69	3.20	2.78	3.68	3.66
GAIA	1.35	0.99	3.88	2.19	2.28	7.28	6.39	6.53	20.47	2.19	2.28	7.28	0.62	0.61	1.88	2.04	2.78	8.99
GUAR	0.77	0.78	3.24	1.95	2.10	7.23	6.26	6.55	20.87	1.28	1.17	7.23	0.62	0.78	1.56	1.41	0.00	14.02

Tabela D-2 - Amplitude das estimativas de ruído para as componentes Norte, Este e Vertical das séries temporais das estações para cinco diferentes tipos de modelos estocásticos.

ID Estação	Ruído Branco (mm)			Ruído Rosa (mm/ano)			Ruído Vermelho (mm/ano)			Ruído Branco + Ruído Rosa						Ruído Branco + Ruído Vermelho					
	N	E	V	N	E	V	N	E	V	Ruído Branco (mm)			Ruído Rosa (mm/ano)			Ruído Branco (mm)			Ruído Vermelho (mm/ano)		
										N	E	V	N	E	V	N	E	V	N	E	V
HUEL	0.87	1.29	3.11	1.92	2.29	6.32	5.78	6.51	17.89	0.00	0.00	0.00	1.92	2.29	6.32	0.52	0.52	1.24	2.71	3.95	12.82
IGEO	1.61	1.97	4.91	3.10	3.22	9.48	9.02	9.11	26.43	0.25	0.00	0.00	3.00	3.22	9.48	0.92	0.83	2.45	2.27	3.65	11.55
IMMA	2.22	1.96	5.04	3.59	3.60	11.40	10.06	10.11	33.71	0.00	0.00	1.39	3.59	3.60	10.54	0.92	0.92	3.42	4.43	4.29	9.02
LAGO	0.93	1.55	3.60	2.01	2.23	6.22	5.87	6.14	17.41	0.00	0.00	0.00	2.01	2.23	6.22	0.56	0.56	1.52	2.09	2.77	8.39
LEIR	0.91	0.99	2.75	2.28	2.26	6.10	6.82	6.40	17.11	0.32	0.00	0.00	2.05	2.26	6.10	0.67	0.59	1.48	2.05	2.92	8.64
LEON	0.84	1.03	3.22	1.96	2.02	6.59	5.94	5.64	19.20	0.13	0.00	0.00	1.92	2.02	6.59	0.51	0.40	1.62	2.95	3.86	11.02
MAD2	1.69	4.01	7.48	3.25	5.29	10.42	9.09	7.54	27.79	0.00	0.00	0.00	3.25	5.29	10.42	0.88	0.61	2.42	2.54	4.30	14.48
MADR	1.62	1.64	8.27	3.43	3.03	10.05	9.69	8.52	26.08	0.00	0.00	0.00	3.43	3.03	10.05	0.87	0.80	2.19	4.20	3.47	14.37
MAFR	1.25	1.21	3.06	2.76	2.58	6.77	7.88	7.35	18.73	0.00	0.00	0.00	2.76	2.58	6.77	0.74	0.67	1.58	3.20	3.20	10.21
MALA	1.32	1.95	3.30	2.20	2.48	7.50	6.54	6.93	21.48	0.16	0.00	0.00	2.13	2.48	7.50	0.64	0.65	1.90	1.62	2.49	9.98
MALL	3.69	2.58	3.69	3.30	2.97	8.03	7.81	7.96	22.37	0.00	0.00	0.00	3.30	2.97	8.03	0.63	0.73	1.90	4.39	3.27	11.96
MERT	0.72	0.78	2.81	1.69	1.85	6.42	5.17	5.54	19.50	0.19	0.00	0.46	1.59	1.85	6.26	0.49	0.49	1.79	1.98	2.86	8.59
PACO	0.85	0.95	2.76	2.04	2.14	6.15	6.33	6.42	18.66	0.40	0.00	0.42	1.66	2.14	6.02	0.63	0.58	1.65	1.99	3.08	8.73
PDEL	1.26	1.29	3.54	3.34	3.03	9.03	10.64	9.56	28.96	0.86	0.65	2.13	2.12	2.31	6.33	1.26	0.95	2.80	0.00	2.66	7.79
SAGR	1.00	0.94	3.34	2.03	2.05	7.20	6.20	5.79	21.34	0.28	0.00	0.43	1.85	2.05	7.08	0.62	0.43	1.98	1.86	3.96	9.65
SALA	0.71	0.76	3.35	1.75	1.87	7.22	5.26	5.48	20.27	0.22	0.00	0.00	1.61	1.87	7.22	0.49	0.48	1.74	1.78	2.41	10.25
SFER	1.79	2.44	3.29	2.61	2.65	7.34	7.39	7.04	20.90	0.00	0.00	0.00	2.61	2.65	7.34	0.71	0.65	1.85	2.54	3.02	9.70
SMAM	0.86	1.17	3.62	2.25	2.77	8.28	7.11	8.12	24.44	0.60	0.00	0.00	1.39	2.77	8.28	0.77	0.77	2.22	1.00	3.94	12.02
SMGR	0.71	0.90	2.91	1.84	2.12	6.34	5.89	6.45	19.19	0.50	0.21	0.38	1.07	2.02	6.24	0.63	0.60	1.75	0.77	2.76	8.66
TAVI	1.02	1.79	2.91	2.10	3.21	6.28	6.12	8.68	18.79	0.00	0.00	0.00	2.10	3.21	6.28	0.55	0.57	1.77	3.05	6.58	8.17
TMAD	0.72	1.02	2.88	2.01	2.51	6.80	6.45	7.80	20.09	0.72	0.44	0.00	0.00	2.14	6.80	0.72	0.72	1.68	0.00	2.98	11.32
VALA	0.75	0.86	5.49	1.67	1.91	8.34	5.07	5.98	21.25	0.10	0.32	0.00	1.65	1.65	8.34	0.46	0.55	1.51	2.22	2.17	15.02
VALE	1.70	1.10	3.34	2.38	2.09	7.80	6.53	5.75	22.17	0.00	0.00	0.00	2.38	2.09	7.80	0.62	0.51	2.16	2.51	2.83	8.60
VIGO	1.00	0.85	3.14	2.58	2.26	7.09	7.85	6.94	20.53	0.50	0.46	0.00	2.05	1.76	7.09	0.78	0.69	1.92	1.95	1.72	8.19
VILL	0.91	1.43	3.82	1.94	2.12	7.86	5.75	6.14	22.15	0.11	0.00	0.00	1.91	2.12	7.86	0.53	0.57	1.95	2.03	2.06	10.71
WISE	1.17	1.07	2.97	2.19	2.22	6.76	6.43	6.55	20.16	0.00	0.00	0.00	2.19	2.22	6.76	0.59	0.56	1.84	2.87	3.59	9.60
VREA	2.58	2.38	5.43	5.88	5.18	13.64	18.88	16.75	42.84	1.48	1.36	3.12	3.82	3.11	9.94	1.93	1.69	4.45	2.91	2.13	10.14
YEBE	0.83	0.86	3.73	1.87	1.85	7.53	5.53	5.41	21.68	0.18	0.04	0.00	1.78	1.84	7.53	0.54	0.51	1.99	1.78	1.86	9.08
Média	1.15	1.32	3.65	2.44	2.61	7.79	7.35	7.54	22.79	0.32	0.20	0.48	2.04	2.36	7.22	0.73	0.70	2.09	2.03	2.94	9.51

Tabela D-3 - Amplitude das estimativas de ruído branco para as componentes Norte, Este e Vertical das séries temporais das estações, não considerando sinusóide, considerando sinusóide anual e considerando a sinusóide anual com a sinusóide semestral (cont.).

ID Estação	Ruído Branco sem sinusóide (mm)			Ruído Branco com sinusóide anual (mm)			Ruído Branco com sinusóide anual e semestral (mm)		
	N	E	V	N	E	V	N	E	V
ACOR	1.02	1.15	3.59	0.93	1.08	3.31	0.92	1.06	3.19
ALCO	0.92	1.81	3.12	0.79	1.60	3.01	0.76	1.58	2.98
ALME	1.31	1.23	4.49	1.02	1.17	4.13	1.01	1.17	4.11
ARRA	1.44	1.06	2.95	1.38	1.05	2.85	1.37	1.03	2.84
AZGR	1.35	1.50	4.83	1.32	1.48	4.80	1.32	1.42	4.61
BEJE	1.04	0.90	3.53	0.83	0.84	3.01	0.80	0.79	2.96
BENA	1.26	1.49	2.92	1.01	1.28	2.52	0.98	1.18	2.47
BORB	1.57	2.71	3.76	0.92	1.67	2.76	0.77	1.45	2.63
BORR	1.20	1.03	3.42	0.85	1.03	3.26	0.83	1.03	3.19
BRAG	1.07	1.43	3.51	0.99	1.03	3.26	0.96	1.02	3.19
CANT	1.00	1.29	3.34	0.83	1.06	2.87	0.82	1.06	2.82
CASC	0.90	1.43	3.08	0.88	1.40	2.78	0.88	1.39	2.73
COBA	1.00	0.77	3.93	0.90	0.72	3.61	0.90	0.69	3.51
COIM	1.70	1.11	3.36	0.92	1.06	2.83	0.90	1.05	2.75
COVI	1.19	1.13	4.68	1.02	1.11	4.05	0.99	1.07	3.78
CRAI	0.93	1.03	3.23	0.88	1.00	2.75	0.86	0.95	2.62
EBRE	1.47	1.91	4.05	1.40	1.34	3.92	1.39	1.33	3.89
ELVA	0.79	0.91	4.12	0.77	0.84	3.36	0.75	0.78	3.20
ESCO	1.26	1.78	5.97	1.07	1.29	3.79	1.05	1.14	3.71
ESPI	1.60	1.46	3.48	1.46	1.10	3.00	1.45	1.05	2.89
EVOR	0.91	0.81	3.87	0.79	0.77	3.03	0.77	0.71	2.96
FARO	1.28	1.06	3.71	0.87	1.03	3.37	0.86	0.97	3.24
FCUL	1.09	1.81	3.67	0.93	1.06	3.36	0.90	1.04	3.26
FLRS	1.36	2.74	6.91	1.33	2.55	6.68	1.30	2.53	6.60
FUNC	1.50	1.44	3.83	1.38	1.28	3.63	1.38	1.23	3.55
GAIA	1.39	1.31	4.26	1.35	0.99	3.88	1.35	0.98	3.77
GUAR	0.86	0.81	5.23	0.77	0.78	3.24	0.73	0.76	2.86

Tabela D-3 - Amplitude das estimativas de ruído branco para as componentes Norte, Este e Vertical das séries temporais das estações, não considerando sinusóide, considerando sinusóide anual e considerando a sinusóide anual com a sinusóide semestral.

ID Estação	Ruído Branco sem sinusóide (mm)			Ruído Branco com sinusóide anual (mm)			Ruído Branco com sinusóide anual e semestral (mm)		
	N	E	V	N	E	V	N	E	V
HUEL	1.18	1.38	4.19	0.87	1.29	3.11	0.83	1.23	3.04
IGEO	1.73	2.05	5.13	1.61	1.97	4.91	1.59	1.96	4.87
IMMA	2.29	1.97	5.51	2.22	1.96	5.04	2.20	1.94	4.91
LAGO	1.07	1.59	3.81	0.93	1.55	3.60	0.93	1.54	3.53
LEIR	1.40	1.08	3.31	0.91	0.99	2.75	0.85	0.91	2.67
LEON	1.33	1.60	3.64	0.84	1.03	3.22	0.81	0.98	3.09
MAD2	1.98	4.02	7.68	1.69	4.01	7.48	1.68	3.98	7.45
MADR	1.94	1.78	8.60	1.62	1.64	8.27	1.60	1.62	8.25
MAFR	1.71	1.60	3.31	1.25	1.21	3.06	1.20	1.14	2.99
MALA	1.45	2.06	3.61	1.32	1.95	3.30	1.31	1.95	3.21
MALL	3.73	2.66	4.28	3.69	2.58	3.69	3.69	2.57	3.63
MERT	0.79	1.07	3.41	0.72	0.78	2.81	0.64	0.66	2.77
PACO	0.87	1.18	2.86	0.85	0.95	2.76	0.80	0.82	2.67
PDEL	1.26	1.34	3.68	1.26	1.29	3.54	1.24	1.29	3.22
SAGR	1.12	1.02	3.41	1.00	0.94	3.34	0.97	0.83	3.32
SALA	0.72	0.83	3.70	0.71	0.76	3.35	0.68	0.74	3.23
SFER	1.83	2.46	3.81	1.79	2.44	3.29	1.78	2.44	3.20
SMAM	0.89	1.36	3.84	0.86	1.17	3.62	0.85	1.10	3.51
SMGR	0.94	1.19	3.70	0.71	0.90	2.91	0.70	0.81	2.88
TAVI	1.91	3.93	3.03	1.02	1.79	2.91	0.97	1.77	2.80
TMAD	0.92	1.03	4.40	0.72	1.02	2.88	0.71	0.84	2.69
VALA	0.85	1.16	5.99	0.75	0.86	5.49	0.64	0.82	5.17
VALE	1.71	1.22	3.72	1.70	1.10	3.34	1.70	1.08	3.30
VIGO	1.01	0.96	3.51	1.00	0.85	3.14	0.98	0.83	3.08
VILL	0.98	1.48	4.10	0.91	1.43	3.82	0.90	1.42	3.71
WISE	1.26	1.16	3.95	1.17	1.07	2.97	1.16	1.02	2.78
VREA	2.58	2.38	5.73	2.58	2.38	5.43	2.57	2.37	5.27
YEBE	0.88	0.87	4.33	0.83	0.86	3.73	0.82	0.86	3.66
Média	1.32	1.52	4.13	1.15	1.32	3.65	1.12	1.27	3.55

Tabela D-4 - Estimativa do índice espectral e ruído colorido correspondente (cont.).

ID Estação	Índice Espectral			Ruído Colorido (mm)		
	N	E	V	N	E	V
ACOR	-0.94 ± 0.07	-1.09 ± 0.07	-1.06 ± 0.07	2.20	2.51	8.01
ALCO	-0.80 ± 0.10	-1.43 ± 0.10	-0.97 ± 0.10	1.55	3.72	6.53
ALME	-0.64 ± 0.07	-0.77 ± 0.07	-0.99 ± 0.07	1.70	1.93	7.66
ARRA	-0.51 ± 0.10	-0.87 ± 0.10	-0.83 ± 0.10	2.35	2.31	6.12
AZGR	-0.75 ± 0.12	-0.84 ± 0.12	-0.95 ± 0.12	2.32	2.91	8.89
BEJE	-0.91 ± 0.10	-0.85 ± 0.10	-1.15 ± 0.10	1.81	1.90	7.63
BENA	-0.97 ± 0.13	-1.28 ± 0.13	-0.69 ± 0.13	2.03	2.99	4.69
BORB	-0.95 ± 0.14	-1.62 ± 0.14	-1.25 ± 0.14	1.90	4.72	7.83
BORR	-0.68 ± 0.11	-1.06 ± 0.11	-0.96 ± 0.11	1.48	1.84	7.04
BRAG	-0.86 ± 0.11	-0.75 ± 0.11	-1.06 ± 0.11	1.93	1.89	6.64
CANT	-0.80 ± 0.08	-1.07 ± 0.08	-1.02 ± 0.08	1.73	2.12	6.65
CASC	-0.59 ± 0.06	-1.03 ± 0.06	-0.86 ± 0.06	1.59	2.74	5.95
COBA	-1.01 ± 0.09	-0.90 ± 0.09	-1.28 ± 0.09	1.91	1.68	9.50
COIM	-0.64 ± 0.10	-1.02 ± 0.10	-1.00 ± 0.10	1.72	2.38	6.90
COVI	-0.61 ± 0.12	-0.51 ± 0.12	-0.90 ± 0.12	1.67	1.76	7.76
CRAI	-0.86 ± 0.09	-0.98 ± 0.09	-0.96 ± 0.09	1.86	2.31	6.50
EBRE	-1.00 ± 0.06	-0.78 ± 0.06	-0.66 ± 0.06	2.98	2.63	7.48
ELVA	-0.69 ± 0.12	-0.76 ± 0.12	-1.15 ± 0.12	1.38	1.61	7.18
ESCO	-0.89 ± 0.07	-1.40 ± 0.07	-0.95 ± 0.07	2.23	3.42	8.56
ESPI	-0.86 ± 0.11	-0.92 ± 0.11	-0.76 ± 0.11	2.44	2.19	5.45
EVOR	-0.82 ± 0.10	-0.95 ± 0.10	-1.21 ± 0.10	1.64	1.88	7.94
FARO	-0.84 ± 0.10	-1.06 ± 0.10	-1.08 ± 0.10	1.76	2.22	6.96
FCUL	-0.96 ± 0.09	-0.81 ± 0.09	-1.13 ± 0.09	2.07	2.26	7.87
FLRS	-0.42 ± 0.12	-0.31 ± 0.12	-0.36 ± 0.12	1.93	3.42	9.35
FUNC	-0.98 ± 0.11	-0.99 ± 0.11	-0.55 ± 0.11	2.63	2.54	5.77
GAIA	-1.08 ± 0.07	-1.03 ± 0.07	-1.16 ± 0.07	2.36	2.34	8.41
GUAR	-0.59 ± 0.14	-0.46 ± 0.14	-1.08 ± 0.14	1.28	1.19	7.85

Tabela D-4 - Estimativa do índice espectral e ruído colorido correspondente.

ID Estação	Índice Espectral			Ruído Colorido (mm)		
	N	E	V	N	E	V
HUEL	-0.97 ± 0.11	-1.27 ± 0.11	-1.24 ± 0.11	1.87	2.94	7.92
IGEO	-1.03 ± 0.10	-1.16 ± 0.10	-1.14 ± 0.10	3.18	3.72	10.78
IMMA	-1.16 ± 0.08	-1.17 ± 0.08	-0.92 ± 0.08	4.16	4.22	10.58
LAGO	-1.01 ± 0.07	-1.23 ± 0.07	-1.20 ± 0.07	2.03	2.73	7.43
LEIR	-0.85 ± 0.10	-1.05 ± 0.10	-1.15 ± 0.10	1.96	2.36	7.04
LEON	-0.91 ± 0.14	-1.32 ± 0.14	-1.09 ± 0.14	1.78	2.72	7.21
MAD2	-1.24 ± 0.07	-1.76 ± 0.07	-1.30 ± 0.07	3.96	5.94	13.46
MADR	-1.16 ± 0.06	-1.15 ± 0.06	-1.37 ± 0.06	3.99	3.49	13.58
MAFR	-1.09 ± 0.09	-1.11 ± 0.09	-1.17 ± 0.09	3.01	2.85	7.94
MALA	-1.06 ± 0.09	-1.24 ± 0.09	-1.08 ± 0.09	2.33	3.05	8.09
MALL	-1.50 ± 0.07	-1.31 ± 0.07	-1.16 ± 0.07	4.63	3.81	9.36
MERT	-0.85 ± 0.13	-0.90 ± 0.13	-0.89 ± 0.13	1.45	1.68	5.74
PACO	-0.72 ± 0.10	-0.95 ± 0.10	-0.94 ± 0.10	1.53	2.05	5.81
PDEL	-0.49 ± 0.09	-0.71 ± 0.09	-0.60 ± 0.09	1.97	2.25	5.95
SAGR	-0.94 ± 0.13	-1.15 ± 0.13	-0.94 ± 0.13	1.93	2.36	6.81
SALA	-0.90 ± 0.10	-0.98 ± 0.10	-1.17 ± 0.10	1.58	1.83	8.43
SFER	-1.16 ± 0.06	-1.32 ± 0.06	-1.10 ± 0.06	3.02	3.44	8.08
SMAM	-0.54 ± 0.15	-0.88 ± 0.15	-0.93 ± 0.15	1.39	2.47	7.70
SMGR	-0.53 ± 0.10	-0.83 ± 0.10	-0.92 ± 0.10	1.12	1.79	5.88
TAVI	-1.08 ± 0.12	-1.39 ± 0.12	-0.95 ± 0.12	2.27	4.58	5.96
TMAD	-0.25 ± 0.17	-0.74 ± 0.17	-0.96 ± 0.17	0.91	1.93	6.53
VALA	-0.95 ± 0.12	-0.85 ± 0.12	-1.57 ± 0.12	1.60	1.64	13.57
VALE	-1.24 ± 0.07	-1.20 ± 0.07	-1.03 ± 0.07	2.92	2.50	8.05
VIGO	-0.77 ± 0.09	-0.71 ± 0.09	-1.04 ± 0.09	2.04	1.69	7.34
VILL	-1.00 ± 0.06	-1.15 ± 0.06	-1.15 ± 0.06	1.94	2.43	8.99
WISE	-1.09 ± 0.11	-1.01 ± 0.11	-0.92 ± 0.11	2.39	2.24	6.28
VREA	-0.70 ± 0.11	-0.71 ± 0.11	-0.63 ± 0.11	4.30	3.82	9.29
YEBE	-0.94 ± 0.07	-1.03 ± 0.07	-1.06 ± 0.07	1.76	1.89	7.98
Média	-0.87 ± 0.10	-1.02 ± 0.10	-1.01 ± 0.10	2.17	2.62	7.80

Tabela D-5 - Redução percentual da amplitude de ruído branco (cont.).

ID Estação	Redução da amplitude de Ruído Branco											
	Considerando Ruído Branco + Ruído Rosa (%)			Considerando Ruído Branco + Ruído Vermelho			Considerando sinusóide anual (%)			Considerando sinusóide anual e semestral (%)		
	N	E	V	N	E	V	N	E	V	N	E	V
ACOR	100.00	99.90	100.00	29.02	41.43	38.97	8.80	5.97	7.63	9.61	7.74	11.23
ALCO	63.37	99.96	100.00	30.87	70.57	41.71	14.71	11.37	3.35	17.07	12.52	4.55
ALME	40.93	51.21	100.00	21.66	33.93	47.92	22.25	4.47	8.02	22.65	4.50	8.36
ARRA	22.23	79.13	57.62	0.00	25.56	24.82	4.21	0.57	3.26	5.04	2.59	3.64
AZGR	51.08	70.10	75.51	22.60	33.36	43.78	2.23	1.85	0.67	2.37	5.61	4.54
BEJE	68.28	89.28	100.00	30.80	26.70	46.82	20.34	6.55	14.61	22.51	11.48	16.16
BENA	86.24	99.93	61.33	36.82	58.74	26.83	19.60	14.09	13.60	22.04	20.68	15.42
BORB	78.71	100.00	100.00	36.94	79.12	59.92	41.54	38.30	26.53	50.88	46.38	30.04
BORR	43.94	90.72	100.00	21.11	51.45	38.57	29.57	0.02	4.56	30.59	0.12	6.72
BRAG	63.44	53.87	100.00	34.04	20.17	47.77	6.94	28.33	7.34	9.94	28.74	9.24
CANT	52.86	99.85	100.00	24.94	48.35	37.91	16.98	18.16	13.93	18.64	18.20	15.70
CASC	28.17	93.37	65.73	10.33	45.22	28.26	2.02	1.86	10.01	2.11	2.73	11.60
COBA	100.00	85.49	100.00	40.78	30.29	56.07	9.43	6.10	8.23	9.66	10.98	10.59
COIM	31.53	100.00	100.00	10.53	41.05	37.28	46.00	4.57	15.66	47.04	5.83	18.20
COVI	33.11	32.16	71.91	16.14	15.04	37.89	14.43	1.39	13.36	16.78	5.44	19.26
CRAI	59.39	100.00	88.17	29.02	33.99	33.46	5.94	2.45	14.85	8.24	7.65	18.74
EBRE	92.06	47.22	37.58	40.88	24.67	15.31	4.59	29.81	3.29	5.63	30.51	3.96
ELVA	47.50	62.66	100.00	22.32	30.95	53.85	3.29	8.05	18.53	5.58	14.83	22.32
ESCO	64.13	100.00	90.24	33.64	63.60	33.44	14.42	27.76	36.60	16.25	35.73	37.98
ESPI	58.72	75.91	55.75	38.33	37.16	24.35	8.94	24.59	13.76	9.37	27.95	16.77
EVOR	57.24	99.65	100.00	24.75	31.64	52.30	13.19	4.18	21.71	15.13	11.66	23.61
FARO	88.35	100.00	100.00	32.41	49.68	51.48	32.35	2.43	9.09	33.37	8.34	12.58
FCUL	83.72	60.46	100.00	35.88	23.83	48.05	15.27	41.53	8.48	18.13	42.63	11.21
FLRS	15.47	9.73	12.52	7.53	2.57	0.00	1.96	6.97	3.39	4.28	7.98	4.53
FUNC	74.43	100.00	32.69	43.81	45.99	11.89	7.52	11.03	5.33	8.00	14.15	7.26
GAIA	100.00	100.00	100.00	54.30	38.55	51.52	2.89	24.20	9.07	3.20	25.23	11.53
GUAR	36.89	23.77	100.00	19.43	0.00	51.77	10.36	3.45	37.99	15.78	5.78	45.37

Tabela D-5 - Redução percentual da amplitude de ruído branco.

ID Estação	Redução da amplitude de Ruído Branco											
	Considerando Ruído Branco + Ruído Rosa (%)			Considerando Ruído Branco + Ruído Vermelho			Considerando sinusóide anual (%)			Considerando sinusóide anual e semestral (%)		
	N	E	V	N	E	V	N	E	V	N	E	V
HUEL	100.00	100.00	100.00	40.70	59.99	60.15	26.30	6.60	25.76	29.87	10.88	27.32
IGEO	84.43	99.99	100.00	43.05	57.68	50.18	6.99	3.91	4.24	8.18	4.64	5.10
IMMA	99.99	100.00	72.37	58.30	52.93	32.10	3.16	0.32	8.53	3.90	1.37	10.87
LAGO	100.00	100.00	100.00	39.62	64.02	57.71	13.37	2.74	5.36	13.37	3.30	7.27
LEIR	64.32	100.00	100.00	26.49	39.83	46.31	35.21	8.95	16.97	39.15	16.37	19.42
LEON	84.85	100.00	100.00	39.11	60.92	49.57	37.12	35.57	11.56	39.00	38.73	15.09
MAD2	99.97	100.00	100.00	47.72	84.67	67.65	14.77	0.31	2.69	15.26	0.98	3.08
MADR	100.00	99.93	100.00	46.37	51.04	73.48	16.46	8.30	3.83	17.49	9.32	4.03
MAFR	100.00	99.99	100.00	41.15	44.56	48.35	27.04	24.56	7.47	30.01	28.84	9.46
MALA	87.61	100.00	100.00	51.59	66.81	42.35	8.81	5.03	8.40	9.96	5.08	10.96
MALL	99.99	100.00	100.00	82.99	71.78	48.47	1.01	3.06	13.91	1.02	3.54	15.17
MERT	73.65	99.88	83.57	31.17	37.04	36.19	9.47	27.47	17.70	19.58	37.99	18.89
PACO	53.23	99.65	84.88	25.77	38.71	40.27	2.68	19.72	3.69	8.35	30.02	6.76
PDEL	31.51	49.74	39.91	0.00	26.68	20.91	0.15	3.74	3.64	1.45	4.35	12.50
SAGR	71.65	100.00	87.00	38.51	53.80	40.81	10.56	8.02	1.90	13.58	18.75	2.47
SALA	68.58	100.00	100.00	30.53	35.87	48.10	1.08	9.22	9.49	5.52	11.07	12.70
SFER	99.99	99.99	100.00	60.20	73.43	43.97	2.12	0.93	13.48	2.28	1.09	15.88
SMAM	30.85	99.82	100.00	10.80	34.24	38.79	2.54	14.37	5.73	4.08	19.08	8.56
SMGR	29.77	76.96	87.00	11.83	33.54	39.97	24.70	23.87	21.32	25.85	31.87	22.10
TAVI	100.00	100.00	100.00	45.95	68.32	39.13	46.51	54.29	4.01	49.09	54.82	7.81
TMAD	0.00	56.84	100.00	0.00	29.04	41.53	22.20	1.26	34.68	23.22	18.95	38.85
VALA	86.97	62.76	100.00	38.90	35.85	72.58	12.33	26.06	8.20	25.23	29.44	13.60
VALE	100.00	100.00	100.00	63.57	53.38	35.38	0.19	9.95	10.02	0.23	11.15	11.24
VIGO	50.21	46.28	100.00	22.35	18.62	39.05	0.54	12.06	10.37	2.44	13.74	12.14
VILL	87.76	99.96	100.00	40.96	60.15	49.01	7.59	3.35	6.94	7.90	3.80	9.51
WISE	99.94	100.00	100.00	49.13	47.49	38.15	7.34	8.14	24.68	7.46	11.94	29.64
VREA	42.80	42.65	42.65	25.14	29.12	18.19	0.05	0.23	5.21	0.46	0.73	8.04
YEBE	77.87	95.37	100.00	35.07	40.49	46.49	6.71	0.90	13.95	6.90	1.13	15.40
Total	68.50	84.62	88.12	32.65	43.16	41.94	13.21	11.87	11.57	15.29	15.25	14.09

Tabela D-6 - Redução percentual da amplitude de ruído rosa e ruído vermelho quando é considerado respectivamente, a combinação de ruído branco com ruído rosa e a combinação ruído branco com ruído vermelho (cont.).

ID Estação	Redução da amplitude de Ruído Rosa, considerando Ruído Branco + Ruído Rosa (%)			Redução da amplitude de Ruído Vermelho, considerando Ruído Branco + Ruído Vermelho (%)		
	N	E	V	N	E	V
ACOR	0.00	0.00	0.00	65.03	65.99	59.12
ALCO	11.16	0.00	0.00	61.14	27.82	49.42
ALME	32.03	29.55	0.00	78.61	79.20	55.99
ARRA	46.22	3.48	14.61	100.00	69.74	72.05
AZGR	23.44	7.90	7.61	83.75	59.30	63.34
BEJE	9.11	0.82	0.00	71.15	61.38	47.41
BENA	2.04	0.00	11.08	67.96	39.79	58.28
BORB	4.44	0.00	0.00	62.73	13.92	22.95
BORR	27.95	1.42	0.00	78.81	65.02	52.72
BRAG	13.11	18.87	0.00	65.11	79.91	54.47
CANT	18.46	0.00	0.00	72.27	65.76	61.43
CASC	40.59	0.59	9.86	87.23	69.01	68.27
COBA	0.00	1.59	0.00	66.33	60.62	39.31
COIM	37.79	0.00	0.00	89.27	58.01	55.55
COVI	41.08	35.80	8.41	87.33	76.30	64.49
CRAI	14.69	0.00	1.15	71.89	61.79	61.53
EBRE	0.69	25.95	30.57	65.24	79.28	81.19
ELVA	23.06	11.28	0.00	72.63	58.36	47.56
ESCO	12.59	0.00	0.83	70.24	33.82	64.64
ESPI	23.72	5.77	17.99	80.50	61.59	75.43
EVOR	15.61	0.00	0.00	74.37	57.08	41.79
FARO	1.10	0.00	0.00	55.90	45.65	47.89
FCUL	2.45	12.16	0.00	64.07	70.25	52.49
FLRS	60.95	67.95	61.33	92.52	95.84	100.00
FUNC	8.39	0.00	39.01	66.41	52.34	87.90
GAIA	0.00	0.00	0.00	68.02	57.47	56.09
GUAR	34.36	44.44	0.00	77.43	100.00	32.83

Tabela D-6 - Redução percentual da amplitude de ruído rosa e ruído vermelho quando é considerado respectivamente, a combinação de ruído branco com ruído rosa e a combinação ruído branco com ruído vermelho.

ID Estação	Redução da amplitude de Ruído Rosa, considerando Ruído Branco + Ruído Rosa (%)			Redução da amplitude de Ruído Vermelho, considerando Ruído Branco + Ruído Vermelho (%)		
	N	E	V	N	E	V
HUEL	0.00	0.00	0.00	53.14	39.33	28.32
IGEO	3.21	0.00	0.00	74.86	60.00	56.32
IMMA	0.00	0.00	7.54	55.99	57.59	73.23
LAGO	0.00	0.00	0.00	64.39	54.96	51.82
LEIR	10.42	0.00	0.00	69.99	54.38	49.48
LEON	1.96	0.00	0.00	50.39	31.56	42.62
MAD2	0.00	0.00	0.00	72.03	43.05	47.89
MADR	0.00	0.00	0.00	56.63	59.31	44.88
MAFR	0.00	0.00	0.00	59.36	56.48	45.50
MALA	2.78	0.00	0.00	75.29	64.11	53.51
MALL	0.00	0.00	0.00	43.76	58.86	46.54
MERT	5.90	0.00	2.39	61.64	48.41	55.97
PACO	18.81	0.00	2.12	68.53	52.08	53.22
PDEL	36.53	23.87	29.95	100.00	72.22	73.10
SAGR	9.22	0.00	1.66	70.08	31.51	54.77
SALA	8.26	0.00	0.00	66.25	56.11	49.42
SFER	0.00	0.00	0.00	65.66	57.10	53.58
SMAM	38.42	0.00	0.00	85.93	51.49	50.82
SMGR	41.61	4.51	1.64	86.90	57.22	54.86
TAVI	0.00	0.00	0.00	50.15	24.23	56.53
TMAD	100.00	15.03	0.00	100.00	61.79	43.66
VALA	1.57	13.85	0.00	56.28	63.75	29.34
VALE	0.00	0.00	0.00	61.58	50.79	61.21
VIGO	20.40	22.18	0.00	75.16	75.29	60.09
VILL	1.61	0.00	0.00	64.69	66.52	51.67
WISE	0.00	0.00	0.00	55.39	45.17	52.38
VREA	35.01	39.97	27.12	84.60	87.25	76.33
YEBE	4.80	0.23	0.00	67.83	65.70	58.15
Total	15.37	7.04	5.00	70.77	58.39	55.44

Tabela D-7 - Ruído total da série quando considerada a combinação de ruído branco com ruído rosa e combinação ruído branco com ruído vermelho (cont.).

ID Estação	Ruido Total (mm)					
	Ruido Branco + Ruido Rosa			Ruido Branco + Ruido Vermelho		
	N	E	V	N	E	V
ACOR	2.33	2.30	7.59	3.04	2.91	10.92
ALCO	1.97	2.55	6.70	2.77	5.40	11.85
ALME	2.28	2.30	7.73	2.47	2.41	12.39
ARRA	3.18	2.75	7.41	1.38	3.10	8.28
AZGR	2.94	3.60	9.78	2.53	5.28	13.25
BEJE	2.05	2.27	6.64	2.27	3.09	11.30
BENA	2.19	2.31	6.70	2.67	4.45	10.11
BORB	2.12	2.74	6.18	2.86	6.37	14.47
BORR	1.96	1.80	7.29	2.04	2.34	12.28
BRAG	2.29	2.46	6.25	3.04	2.34	10.17
CANT	2.13	1.99	6.52	2.43	2.54	9.12
CASC	2.08	2.75	7.14	1.76	3.20	8.50
COBA	1.90	1.92	7.41	2.41	2.65	13.67
COIM	2.18	2.33	6.90	1.64	3.44	10.63
COVI	2.17	2.65	8.98	1.87	3.14	11.82
CRAI	2.19	2.36	6.99	2.45	3.24	9.46
EBRE	3.07	3.15	9.81	3.90	3.12	9.52
ELVA	1.86	2.12	6.21	2.22	3.19	11.02
ESCO	2.55	2.45	9.26	2.92	4.62	11.79
ESPI	2.76	2.51	7.04	2.65	3.46	7.55
EVOR	2.00	1.97	6.54	2.11	2.97	11.94
FARO	2.15	2.09	6.45	3.36	3.88	11.60
FCUL	2.24	2.82	6.97	2.87	3.24	11.09
FLRS	2.52	4.59	12.94	2.08	3.45	6.68
FUNC	2.81	2.57	8.12	3.56	4.37	6.86
GAIA	2.19	2.28	7.28	2.66	3.38	10.87
GUAR	1.77	1.76	7.23	2.03	0.78	15.58

Tabela D-7- Ruído total da série quando considerada a combinação de ruído branco com ruído rosa e combinação ruído branco com ruído vermelho.

ID Estação	Ruido Total (mm)					
	Ruido Branco + Ruído Rosa			Ruido Branco + Ruído Vermelho		
	N	E	V	N	E	V
HUEL	1.92	2.29	6.32	3.23	4.46	14.06
IGEO	3.25	3.22	9.48	3.18	4.48	13.99
IMMA	3.59	3.60	11.93	5.35	5.21	12.45
LAGO	2.01	2.23	6.22	2.65	3.32	9.91
LEIR	2.37	2.26	6.10	2.72	3.51	10.12
LEON	2.05	2.02	6.59	3.46	4.26	12.64
MAD2	3.25	5.29	10.42	3.42	4.91	16.90
MADR	3.43	3.03	10.05	5.07	4.27	16.57
MAFR	2.76	2.58	6.77	3.94	3.87	11.79
MALA	2.30	2.48	7.50	2.26	3.13	11.89
MALL	3.30	2.97	8.03	5.02	4.00	13.86
MERT	1.78	1.85	6.72	2.48	3.35	10.38
PACO	2.06	2.15	6.44	2.62	3.66	10.37
PDEL	2.99	2.96	8.46	1.26	3.60	10.59
SAGR	2.13	2.05	7.51	2.47	4.40	11.63
SALA	1.83	1.87	7.22	2.27	2.89	11.99
SFER	2.61	2.65	7.34	3.25	3.67	11.55
SMAM	1.99	2.77	8.28	1.77	4.71	14.24
SMGR	1.57	2.23	6.62	1.40	3.36	10.41
TAVI	2.10	3.21	6.28	3.60	7.14	9.94
TMAD	0.72	2.57	6.80	0.72	3.70	13.00
VALA	1.74	1.97	8.34	2.67	2.72	16.52
VALE	2.38	2.09	7.80	3.13	3.34	10.76
VIGO	2.55	2.22	7.09	2.73	2.40	10.11
VILL	2.02	2.12	7.86	2.57	2.62	12.65
WISE	2.19	2.22	6.76	3.46	4.15	11.44
VREA	5.30	4.47	13.06	4.84	3.82	14.59
YEBE	1.96	1.88	7.53	2.32	2.37	11.07
Média	2.36	2.56	7.70	2.76	3.63	11.60

Tabela D-8 - Amplitude das estimativas de ruído colorido para as componentes Norte, Este e Vertical das séries temporais (cont.).

ID Estação	Ruído Rosa (mm)			Ruído Vermelho (mm)			Ruído Branco + Ruído Rosa (mm)			Ruído Branco + Ruído Vermelho (mm)			Ruído Colorido com Índices Decimais (mm)		
	N	E	V	N	E	V	N	E	V	N	E	V	N	E	V
ACOR	2.33	2.30	7.59	6.80	6.70	21.76	2.33	2.30	7.59	3.04	2.91	10.92	2.20	2.51	8.01
ALCO	1.89	2.54	6.70	5.74	6.82	19.96	1.97	2.55	6.70	2.77	5.40	11.85	1.55	3.72	6.53
ALME	2.47	2.45	7.73	7.82	7.84	23.27	2.28	2.30	7.73	2.47	2.41	12.39	1.70	1.93	7.66
ARRA	3.92	2.62	7.26	12.09	7.66	21.96	3.18	2.75	7.41	1.38	3.10	8.28	2.35	2.31	6.12
AZGR	3.00	3.43	9.32	9.32	10.57	28.80	2.94	3.60	9.78	2.53	5.28	13.25	2.32	2.91	8.89
BEJE	1.97	2.20	6.64	5.90	6.42	18.44	2.05	2.27	6.64	2.27	3.09	11.30	1.81	1.90	7.63
BENA	2.09	2.30	6.44	6.34	6.51	19.80	2.19	2.31	6.70	2.67	4.45	10.11	2.03	2.99	4.69
BORB	2.01	2.74	6.18	6.13	6.99	17.34	2.12	2.74	6.18	2.86	6.37	14.47	1.90	4.72	7.83
BORR	2.06	1.73	7.29	6.46	5.26	21.74	1.96	1.80	7.29	2.04	2.34	12.28	1.48	1.84	7.04
BRAG	2.22	2.44	6.25	6.82	7.57	18.60	2.29	2.46	6.25	3.04	2.34	10.17	1.93	1.89	6.64
CANT	2.13	1.98	6.52	6.52	5.83	19.03	2.13	1.99	6.52	2.43	2.54	9.12	1.73	2.12	6.65
CASC	2.44	2.67	6.87	7.64	7.84	20.51	2.08	2.75	7.14	1.76	3.20	8.50	1.59	2.74	5.95
COBA	1.90	1.85	7.41	5.58	5.44	19.92	1.90	1.92	7.41	2.41	2.65	13.67	1.91	1.68	9.50
COIM	2.49	2.33	6.90	7.61	6.72	19.92	2.18	2.33	6.90	1.64	3.44	10.63	1.72	2.38	6.90
COVI	2.52	2.95	8.56	8.03	9.25	26.20	2.17	2.65	8.98	1.87	3.14	11.82	1.67	1.76	7.76
CRAI	2.14	2.36	6.74	6.51	6.75	19.84	2.19	2.36	6.99	2.45	3.24	9.46	1.86	2.31	6.50
EBRE	2.98	3.30	10.61	8.82	10.16	32.98	3.07	3.15	9.81	3.90	3.12	9.52	2.98	2.63	7.48
ELVA	1.90	2.04	6.21	5.92	6.28	18.07	1.86	2.12	6.21	2.22	3.19	11.02	1.38	1.61	7.18
ESCO	2.47	2.45	8.96	7.41	6.28	26.21	2.55	2.45	9.26	2.92	4.62	11.79	2.23	3.42	8.56
ESPI	2.83	2.38	6.96	8.98	7.22	21.50	2.76	2.51	7.04	2.65	3.46	7.55	2.44	2.19	5.45
EVOR	1.97	1.97	6.54	5.92	5.70	18.03	2.00	1.97	6.54	2.11	2.97	11.94	1.64	1.88	7.94
FARO	2.08	2.09	6.45	6.30	6.18	19.13	2.15	2.09	6.45	3.36	3.88	11.60	1.76	2.22	6.96
FCUL	2.15	2.73	6.97	6.35	8.18	19.67	2.24	2.82	6.97	2.87	3.24	11.09	2.07	2.26	7.87
FLRS	3.58	7.13	18.35	11.39	23.16	58.19	2.52	4.59	12.94	2.08	3.45	6.68	1.93	3.42	9.35
FUNC	2.68	2.57	9.31	8.27	7.73	30.25	2.81	2.57	8.12	3.56	4.37	6.86	2.63	2.54	5.77
GAIA	2.19	2.28	7.28	6.39	6.53	20.47	2.19	2.28	7.28	2.66	3.38	10.87	2.36	2.34	8.41
GUAR	1.95	2.10	7.23	6.26	6.55	20.87	1.77	1.76	7.23	2.03	0.78	15.58	1.28	1.19	7.85

Tabela D-8 - Amplitude das estimativas de ruído colorido para as componentes Norte, Este e Vertical das séries temporais.

ID Estação	Ruído Rosa (mm/ano)			Ruído Vermelho (mm/ano)			Ruído Branco + Ruído Rosa (mm)			Ruído Branco + Ruído Vermelho (mm)			Ruído Colorido com Índices Decimais (mm)		
	N	E	V	N	E	V	N	E	V	N	E	V	N	E	V
HUEL	1.92	2.29	6.32	5.78	6.51	17.89	1.92	2.29	6.32	3.23	4.46	14.06	1.87	2.94	7.92
IGEO	3.10	3.22	9.48	9.02	9.11	26.43	3.25	3.22	9.48	3.18	4.48	13.99	3.18	3.72	10.78
IMMA	3.59	3.60	11.40	10.06	10.11	33.71	3.59	3.60	11.93	5.35	5.21	12.45	4.16	4.22	10.58
LAGO	2.01	2.23	6.22	5.87	6.14	17.41	2.01	2.23	6.22	2.65	3.32	9.91	2.03	2.73	7.43
LEIR	2.28	2.26	6.10	6.82	6.40	17.11	2.37	2.26	6.10	2.72	3.51	10.12	1.96	2.36	7.04
LEON	1.96	2.02	6.59	5.94	5.64	19.20	2.05	2.02	6.59	3.46	4.26	12.64	1.78	2.72	7.21
MAD2	3.25	5.29	10.42	9.09	7.54	27.79	3.25	5.29	10.42	3.42	4.91	16.90	3.96	5.94	13.46
MADR	3.43	3.03	10.05	9.69	8.52	26.08	3.43	3.03	10.05	5.07	4.27	16.57	3.99	3.49	13.58
MAFR	2.76	2.58	6.77	7.88	7.35	18.73	2.76	2.58	6.77	3.94	3.87	11.79	3.01	2.85	7.94
MALA	2.20	2.48	7.50	6.54	6.93	21.48	2.30	2.48	7.50	2.26	3.13	11.89	2.33	3.05	8.09
MALL	3.30	2.97	8.03	7.81	7.96	22.37	3.30	2.97	8.03	5.02	4.00	13.86	4.63	3.81	9.36
MERT	1.69	1.85	6.42	5.17	5.54	19.50	1.78	1.85	6.72	2.48	3.35	10.38	1.45	1.68	5.74
PACO	2.04	2.14	6.15	6.33	6.42	18.66	2.06	2.15	6.44	2.62	3.66	10.37	1.53	2.05	5.81
PDEL	3.34	3.03	9.03	10.64	9.56	28.96	2.99	2.96	8.46	1.26	3.60	10.59	1.97	2.25	5.95
SAGR	2.03	2.05	7.20	6.20	5.79	21.34	2.13	2.05	7.51	2.47	4.40	11.63	1.93	2.36	6.81
SALA	1.75	1.87	7.22	5.26	5.48	20.27	1.83	1.87	7.22	2.27	2.89	11.99	1.58	1.83	8.43
SFER	2.61	2.65	7.34	7.39	7.04	20.90	2.61	2.65	7.34	3.25	3.67	11.55	3.02	3.44	8.08
SMAM	2.25	2.77	8.28	7.11	8.12	24.44	1.99	2.77	8.28	1.77	4.71	14.24	1.39	2.47	7.70
SMGR	1.84	2.12	6.34	5.89	6.45	19.19	1.57	2.23	6.62	1.40	3.36	10.41	1.12	1.79	5.88
TAVI	2.10	3.21	6.28	6.12	8.68	18.79	2.10	3.21	6.28	3.60	7.14	9.94	2.27	4.58	5.96
TMAD	2.01	2.51	6.80	6.45	7.80	20.09	0.72	2.57	6.80	0.72	3.70	13.00	0.91	1.93	6.53
VALA	1.67	1.91	8.34	5.07	5.98	21.25	1.74	1.97	8.34	2.67	2.72	16.52	1.60	1.64	13.57
VALE	2.38	2.09	7.80	6.53	5.75	22.17	2.38	2.09	7.80	3.13	3.34	10.76	2.92	2.50	8.05
VIGO	2.58	2.26	7.09	7.85	6.94	20.53	2.55	2.22	7.09	2.73	2.40	10.11	2.04	1.69	7.34
VILL	1.94	2.12	7.86	5.75	6.14	22.15	2.02	2.12	7.86	2.57	2.62	12.65	1.94	2.43	8.99
WISE	2.19	2.22	6.76	6.43	6.55	20.16	2.19	2.22	6.76	3.46	4.15	11.44	2.39	2.24	6.28
VREA	5.88	5.18	13.64	18.88	16.75	42.84	5.30	4.47	13.06	4.84	3.82	14.59	4.30	3.82	9.29
YEBE	1.87	1.85	7.53	5.53	5.41	21.68	1.96	1.88	7.53	2.32	2.37	11.07	1.76	1.89	7.98
Média	2.44	2.61	7.79	7.35	7.54	22.79	2.36	2.56	7.70	2.76	3.63	11.60	2.17	2.62	7.80

Tabela D-9 - Incertezas das velocidades das estações, obtidas pelos diversos processamentos efectuados a partir do *software* CATS e do GGMatlab (cont.).

ID Estação	Incerteza da Velocidade (mm/ano)																																			
	Ruído Branco sem sinusoide				Ruído Branco com sinusoide anual				Ruído Branco com sinusoide anual e semestral				Ruído Rosa				Ruído Vermelho				Ruído Branco + Ruído Rosa				Ruído Branco + Ruído Vermelho				Ruído Colorido				GGMatlab			
	N	E	V	V	N	E	V	V	N	E	V	V	N	E	V	V	N	E	V	V	N	E	V	V	N	E	V	V	N	E	V	V	N	E	V	V
ACOR	0.04	0.04	0.14	0.04	0.04	0.13	0.04	0.04	0.12	0.15	0.15	0.50	2.07	2.04	6.61	0.15	0.15	0.50	0.73	0.70	2.73	0.14	0.18	0.56	0.07	0.15	0.26									
ALCO	0.06	0.13	0.22	0.05	0.11	0.21	0.05	0.11	0.21	0.21	0.29	0.76	2.39	2.84	8.30	0.19	0.29	0.76	0.94	2.05	4.22	0.16	0.64	0.72	0.09	0.32	0.47									
ALME	0.02	0.02	0.06	0.01	0.02	0.05	0.01	0.02	0.05	0.12	0.12	0.37	2.36	2.37	7.02	0.08	0.08	0.37	0.51	0.50	3.10	0.05	0.07	0.36	0.04	0.07	0.26									
ARRA	0.09	0.07	0.19	0.09	0.07	0.19	0.09	0.07	0.19	0.37	0.25	0.69	5.03	3.19	9.14	0.23	0.24	0.60	0.09	0.98	2.59	0.17	0.20	0.51	0.13	0.16	0.37									
AZGR	0.10	0.11	0.35	0.10	0.11	0.35	0.10	0.10	0.34	0.46	0.53	1.44	5.02	5.69	15.51	0.36	0.49	1.33	0.84	2.33	5.73	0.29	0.39	1.31	0.29	0.20	1.30									
BEJE	0.04	0.04	0.15	0.03	0.03	0.12	0.03	0.03	0.12	0.17	0.19	0.57	2.59	2.83	8.12	0.15	0.19	0.57	0.75	1.10	4.28	0.14	0.14	0.80	0.09	0.05	0.33									
BENA	0.12	0.14	0.27	0.10	0.12	0.24	0.09	0.11	0.24	0.38	0.42	1.16	3.67	3.76	11.45	0.37	0.42	1.05	1.19	2.28	4.82	0.36	0.70	0.58	0.26	0.37	0.31									
BORB	0.30	0.52	0.73	0.19	0.35	0.57	0.16	0.30	0.55	0.58	0.80	1.80	4.12	4.70	11.66	0.56	0.80	1.80	1.58	4.06	9.03	0.54	2.09	2.57	0.48	0.99	0.90									
BORR	0.07	0.06	0.19	0.05	0.06	0.18	0.05	0.06	0.17	0.26	0.22	0.91	3.14	2.56	10.57	0.19	0.21	0.91	0.67	0.90	5.02	0.14	0.25	0.85	0.10	0.30	0.34									
BRAG	0.07	0.09	0.23	0.07	0.07	0.22	0.06	0.07	0.21	0.32	0.35	0.90	3.53	3.92	9.63	0.28	0.29	0.90	1.25	0.80	4.42	0.25	0.22	1.02	0.15	0.14	0.58									
CANT	0.02	0.03	0.07	0.02	0.02	0.06	0.02	0.02	0.06	0.12	0.11	0.37	2.32	2.08	6.77	0.10	0.11	0.37	0.65	0.71	2.62	0.07	0.13	0.38	0.04	0.11	0.16									
CASC	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.09	0.10	0.25	2.07	2.13	5.56	0.05	0.10	0.23	0.27	0.66	1.77	0.03	0.10	0.17	0.04	0.03	0.14									
COBA	0.03	0.03	0.14	0.03	0.03	0.13	0.03	0.02	0.12	0.16	0.15	0.62	2.25	2.19	8.03	0.16	0.15	0.62	0.77	0.87	4.89	0.16	0.12	1.16	0.15	0.04	0.36									
COIM	0.07	0.04	0.13	0.04	0.04	0.11	0.04	0.04	0.11	0.21	0.20	0.58	3.32	2.93	8.69	0.14	0.20	0.58	0.37	1.24	3.88	0.10	0.21	0.58	0.07	0.13	0.23									
COVI	0.07	0.07	0.28	0.06	0.07	0.25	0.06	0.07	0.24	0.34	0.40	1.15	4.02	4.63	13.13	0.21	0.26	1.06	0.53	1.11	4.70	0.16	0.16	0.95	0.13	0.09	0.63									
CRAI	0.06	0.07	0.21	0.06	0.06	0.18	0.06	0.06	0.17	0.20	0.22	0.63	2.71	2.81	8.25	0.18	0.22	0.63	0.77	1.08	3.20	0.16	0.21	0.59	0.14	0.16	0.34									
EBRE	0.02	0.02	0.05	0.02	0.02	0.05	0.02	0.02	0.04	0.11	0.12	0.39	2.55	2.93	9.53	0.11	0.09	0.28	0.89	0.61	1.80	0.11	0.07	0.16	0.06	0.06	0.08									
ELVA	0.05	0.06	0.27	0.05	0.06	0.23	0.05	0.05	0.22	0.27	0.29	0.88	3.04	3.22	9.27	0.21	0.26	0.74	0.84	1.35	4.89	0.15	0.19	1.19	0.09	0.09	0.62									
ESCO	0.02	0.02	0.07	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01	0.05	0.09	0.09	0.33	2.14	1.81	7.58	0.08	0.09	0.33	0.64	1.20	2.69	0.07	0.27	0.29	0.04	0.05	0.11									
ESPI	0.08	0.07	0.17	0.07	0.05	0.15	0.07	0.05	0.14	0.32	0.27	0.80	4.15	3.33	9.93	0.25	0.26	0.66	0.82	1.29	2.47	0.24	0.23	0.50	0.35	0.14	0.36									
EVOR	0.04	0.03	0.16	0.03	0.03	0.13	0.03	0.03	0.13	0.17	0.17	0.57	2.62	2.52	7.99	0.15	0.17	0.57	0.68	1.09	4.66	0.12	0.16	0.92	0.08	0.05	0.33									
FARO	0.06	0.05	0.17	0.04	0.05	0.16	0.04	0.05	0.15	0.24	0.24	0.73	2.91	2.85	8.84	0.23	0.24	0.73	1.29	1.56	4.62	0.17	0.27	0.87	0.07	0.12	0.48									
FCUL	0.03	0.05	0.10	0.03	0.03	0.10	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.47	2.48	3.19	7.68	0.14	0.16	0.47	0.89	0.96	3.66	0.13	0.12	0.64	0.07	0.06	0.34									
FLRS	0.10	0.20	0.50	0.10	0.19	0.49	0.10	0.19	0.48	0.55	1.10	2.84	6.15	12.51	31.42	0.24	0.41	1.22	0.49	0.59	0.49	0.19	0.31	0.89	0.17	0.22	0.54									
FUNC	0.08	0.08	0.21	0.07	0.07	0.20	0.07	0.07	0.19	0.33	0.32	1.15	4.01	3.74	14.66	0.31	0.32	0.73	1.36	1.79	1.82	0.32	0.31	0.48	0.27	0.25	0.41									
GAlA	0.02	0.02	0.06	0.02	0.01	0.05	0.02	0.01	0.05	0.09	0.09	0.28	1.91	1.95	6.12	0.09	0.09	0.28	0.61	0.83	2.69	0.11	0.10	0.43	0.14	0.04	0.27									
GUAR	0.10	0.09	0.59	0.09	0.09	0.38	0.09	0.09	0.34	0.39	0.42	1.43	3.76	3.94	12.53	0.27	0.25	1.43	0.87	0.09	8.45	0.20	0.17	1.66	0.16	0.12	0.77									

Tabela D-9 - Incertezas das velocidades das estações, obtidas pelos diversos processamentos efectuados a partir do software CATS e do GGMatlab.

ID Estação	Incerteza da Velocidade (mm/ano)																																						
	Ruído Branco sem sinusóide				Ruído Branco com sinusóide anual				Ruído Branco com sinusóide anual e semestral				Ruído Rosa				Ruído Vermelho				Ruído Branco + Ruído Rosa				Ruído Branco + Ruído Vermelho				Ruído Colorido				GGMatlab						
	N	E	V		N	E	V		N	E	V		N	E	V		N	E	V		N	E	V		N	E	V		N	E	V		N	E	V		N	E	V
HUEL	0.06	0.07	0.22		0.05	0.07	0.16		0.04	0.07	0.16		0.24	0.28	0.78		2.79	3.14	8.63		0.24	0.28	0.78		1.31	1.91	6.20		0.22	0.49	1.27		0.10	0.20	0.32				
IGEO	0.08	0.09	0.23		0.07	0.09	0.22		0.07	0.09	0.22		0.27	0.28	0.82		3.97	4.01	11.63		0.26	0.28	0.82		1.01	1.61	5.10		0.28	0.40	1.12		0.25	0.43	0.74				
IMMA	0.04	0.03	0.10		0.04	0.03	0.09		0.04	0.03	0.09		0.16	0.16	0.51		3.20	3.22	10.73		0.16	0.16	0.47		1.41	1.37	2.88		0.24	0.25	0.42		0.22	0.13	0.27				
LAGO	0.01	0.02	0.05		0.01	0.02	0.04		0.01	0.02	0.04		0.08	0.08	0.23		1.72	1.80	5.09		0.08	0.08	0.23		0.61	0.81	2.45		0.08	0.16	0.39		0.05	0.16	0.26				
LEIR	0.06	0.05	0.14		0.04	0.04	0.12		0.04	0.04	0.12		0.20	0.20	0.54		3.04	2.85	7.62		0.18	0.20	0.54		0.92	1.31	3.86		0.15	0.22	0.76		0.08	0.10	0.26				
LEON	0.16	0.19	0.43		0.10	0.12	0.38		0.10	0.12	0.37		0.43	0.44	1.44		3.79	3.60	12.27		0.42	0.44	1.44		1.89	2.47	7.08		0.36	0.79	1.69		0.17	0.23	0.88				
MAD2	0.03	0.05	0.10		0.02	0.05	0.10		0.02	0.05	0.10		0.11	0.18	0.36		2.47	2.05	7.56		0.11	0.18	0.36		0.69	1.17	3.94		0.20	0.95	0.79		0.07	0.10	0.65				
MADR	0.02	0.02	0.11		0.02	0.02	0.10		0.02	0.02	0.10		0.14	0.13	0.42		2.78	2.44	7.48		0.14	0.13	0.42		1.21	1.00	4.13		0.22	0.19	1.08		0.07	0.08	0.83				
MAFR	0.11	0.10	0.21		0.08	0.08	0.20		0.08	0.07	0.20		0.26	0.24	0.64		3.28	3.06	7.79		0.26	0.24	0.64		1.34	1.34	4.27		0.31	0.29	0.88		0.18	0.21	0.50				
MALA	0.05	0.06	0.11		0.04	0.06	0.10		0.04	0.06	0.10		0.16	0.18	0.53		2.63	2.79	8.64		0.15	0.18	0.53		0.66	1.00	4.03		0.18	0.31	0.64		0.31	0.48	0.26				
MALL	0.08	0.06	0.09		0.08	0.06	0.08		0.08	0.05	0.08		0.15	0.14	0.37		2.36	2.41	6.76		0.15	0.14	0.37		1.33	0.99	3.63		0.49	0.28	0.55		0.14	0.54	0.34				
MERT	0.07	0.10	0.31		0.07	0.07	0.27		0.06	0.06	0.27		0.30	0.33	1.16		2.99	3.21	11.27		0.29	0.33	1.13		1.16	1.66	5.00		0.23	0.28	0.95		0.13	0.12	0.54				
PACO	0.06	0.09	0.21		0.06	0.07	0.20		0.06	0.06	0.19		0.28	0.29	0.84		2.94	2.98	8.65		0.23	0.29	0.82		0.95	1.44	4.08		0.18	0.27	0.76		0.12	0.13	0.43				
PDEL	0.04	0.04	0.10		0.04	0.04	0.10		0.03	0.04	0.09		0.27	0.24	0.72		4.14	3.72	11.26		0.17	0.19	0.52		0.04	1.04	3.05		0.09	0.13	0.31		0.15	0.15	0.14				
SAGR	0.08	0.07	0.25		0.07	0.07	0.25		0.07	0.06	0.25		0.31	0.31	1.10		3.31	3.09	11.40		0.28	0.31	1.08		1.00	2.12	5.19		0.28	0.42	0.99		0.20	0.11	0.48				
SALA	0.06	0.07	0.30		0.06	0.06	0.27		0.06	0.06	0.26		0.19	0.20	0.77		2.33	2.42	8.96		0.17	0.20	0.77		0.79	1.07	4.56		0.16	0.19	1.05		0.11	0.10	0.74				
SFER	0.05	0.06	0.10		0.05	0.06	0.08		0.05	0.06	0.08		0.12	0.12	0.34		2.01	1.91	5.69		0.12	0.12	0.34		0.70	0.83	2.65		0.17	0.24	0.41		0.05	0.16	0.21				
SMAM	0.11	0.17	0.48		0.11	0.15	0.47		0.11	0.15	0.47		0.43	0.53	1.58		4.17	4.76	14.34		0.29	0.53	1.58		0.62	2.33	7.11		0.21	0.44	1.40		0.15	0.22	0.72				
SMGR	0.04	0.06	0.17		0.03	0.04	0.14		0.03	0.04	0.14		0.21	0.24	0.72		2.72	2.98	8.87		0.13	0.23	0.71		0.37	1.28	4.02		0.08	0.17	0.62		0.06	0.07	0.34				
TAVI	0.14	0.30	0.23		0.08	0.14	0.22		0.07	0.13	0.21		0.33	0.50	0.98		3.32	4.71	10.20		0.33	0.50	0.93		1.66	3.58	4.46		0.38	1.09	0.89		0.17	0.38	0.57				
TMAD	0.20	0.23	0.97		0.16	0.23	0.66		0.16	0.19	0.62		0.69	0.87	2.35		5.06	6.12	15.77		0.16	0.75	2.35		0.16	2.39	8.99		0.23	0.59	2.21		0.16	0.37	1.12				
VALA	0.09	0.12	0.61		0.08	0.09	0.58		0.07	0.09	0.55		0.32	0.37	1.60		2.73	3.23	11.46		0.32	0.32	1.60		1.22	1.20	8.16		0.30	0.29	4.36		0.27	0.25	1.52				
VALE	0.05	0.03	0.10		0.05	0.03	0.09		0.05	0.03	0.09		0.13	0.12	0.43		2.01	1.77	6.84		0.13	0.12	0.43		0.78	0.88	2.67		0.22	0.18	0.46		0.04	0.08	0.29				
VIGO	0.03	0.03	0.11		0.03	0.03	0.10		0.03	0.03	0.10		0.18	0.16	0.51		1.16	2.79	8.26		0.15	0.13	0.51		0.79	0.69	3.31		0.11	0.09	0.55		0.07	0.05	0.26				
VILL	0.02	0.03	0.09		0.02	0.03	0.09		0.02	0.03	0.08		0.09	0.10	0.37		1.58	1.68	6.07		0.09	0.10	0.32		0.56	0.57	2.95		0.09	0.14	0.50		0.07	0.17	0.32				
VISE	0.07	0.06	0.21		0.06	0.06	0.15		0.06	0.05	0.14		0.26	0.27	0.82		3.07	3.13	9.63		0.26	0.27	0.81		1.38	1.72	4.61		0.32	0.27	0.70		0.16	0.11	0.25				
VREA	0.13	0.12	0.30		0.13	0.12	0.28		0.13	0.12	0.27		0.70	0.62	1.63		8.96	7.95	20.34		0.47	0.39	1.21		1.41	1.04	4.87		0.39	0.35	0.79		0.41	0.50	0.42				
YEBE	0.01	0.01	0.05		0.01	0.01	0.05		0.01	0.01	0.05		0.07	0.07	0.29		1.65	1.61	6.47		0.07	0.07	0.29		0.53	0.55	2.71		0.06	0.08	0.35		0.03	0.04	0.22				
Média	0.07	0.08	0.22		0.06	0.07	0.19		0.06	0.07	0.19		0.25	0.28	0.83		3.17	3.31	9.89		0.21	0.25	0.76		0.87	1.31	4.20		0.20	0.32	0.88		0.14	0.19	0.46				

Tabela D-10 - Equações da recta de regressão linear entre correlações de incertezas de velocidade e respectivo coeficiente de correlação.

Identificação da Correlação		Componente	Equação da Recta de Regressão Linear		Coeficiente Correlação
			A não passar pela origem do referencial xy	A passar pela origem do referencial xy	
yy	xx		y=mx+b	y=mx	ρ
Ruido Branco	Ruido Branco (anual + semi-anual)	N	y=1.33x-0.01	y=1.25x	0.92
		E	y=1.50x-0.02	y=1.35x	0.95
		V	y=1.27x-0.02	y=1.21x	0.97
Ruido Rosa	Ruido Branco (anual)	N	y=3.63x+0.05	y=4.20x	0.92
		E	y=3.05x+0.07	y=3.66x	0.88
		V	y=3.38x+0.17	y=3.97x	0.92
Ruido Vermelho	Ruido Branco (anual)	N	y=23.45x+1.84	y=46.07x	0.71
		E	y=18.80x+2.02	y=36.03x	0.64
		V	y=19.29x+6.17	y=40.0x	0.67
GGMatlab	Ruido Branco (anual)	N	y=1.90x+0.03	y=2.30x	0.73
		E	y=2.21x+0.03	y=2.50x	0.77
		V	y=1.64x+0.14	y=2.12x	0.81
GGMatlab	Ruido Branco + Ruido Rosa	N	y=0.74x-0.01	y=0.70x	0.80
		E	y=0.71x+0.01	y=0.73x	0.65
		V	y=0.50x+0.08	y=0.58x	0.76
GGMatlab	Ruido Branco + Ruido Vermelho	N	y=0.11x+0.05	y=0.15x	0.43
		E	y=0.14x+0.01	y=0.14x	0.60
		V	y=0.12x-0.04	y=0.11x	0.73
Ruido Branco + Ruido Rosa	Ruido Branco (anual)	N	y=2.29x+0.08	y=3.21x	0.83
		E	y=2.45x+0.08	y=3.14x	0.94
		V	y=2.94x+0.19	y=3.58x	0.96
Ruido Branco + Ruido Vermelho	Ruido Branco (anual)	N	y=3.52x+0.67	y=11.75x	0.33
		E	y=8.95x+0.70	y=14.89x	0.72
		V	y=9.15x+2.44	y=17.35x	0.74
Ruido Branco + Ruido Rosa	Ruido Rosa	N	y=0.56x+0.06	y=0.75x	0.80
		E	y=0.66x+0.06	y=0.81x	0.87
		V	y=0.75x+0.14	y=0.87x	0.90
Ruido Branco + Ruido Vermelho	Ruido Vermelho	N	y=0.04x+0.74	y=0.24x	0.12
		E	y=0.10x+0.97	y=0.33x	0.24
		V	y=0.07x+3.47	y=0.37x	0.17
Ruido Colorido	Ruido Branco (anual)	N	y=2.19x+0.07	y=3.11x	0.76
		E	y=4.43x+0.01	y=4.56x	0.80
		V	y=3.77x+0.15	y=4.27x	0.82
Ruido Branco + Ruido Rosa	Ruido Branco (anual + semi-anual)	N	y=2.36x+0.07	y=3.33x	0.81
		E	y=2.69x+0.07	y=3.38x	0.93
		V	y=3.06x+0.19	y=3.71x	0.96
Ruido Branco + Ruido Vermelho	Ruido Branco (anual + semi-anual)	N	y=3.46x+0.68	y=12.19x	0.31
		E	y=9.76x+0.67	y=16.07x	0.70
		V	y=9.40x+2.45	y=17.94x	0.72

