



Aplicação da Norma ISO 17123-08 adaptada para em equipamento GNSS pelo método estático para o receptor SCA-12

Marconi Antão dos Santos¹, Karla Karine da Silva², Marcio Petterson Marques Oliveira³

¹Professor do Curso Superior em Geoprocessamento - IFPB. e-mail: marconi@ifpb.edu.br

²Tecnóloga em Geoprocessamento. e-mail: karla.geotecl@gmail.com

³Tecnolando em Geoprocessamento – IFPB. e-mail: marcio_petterson@hotmail.com

Resumo: Este artigo apresenta a aplicação da Norma ISO 17123-8 o qual foi adaptada para testes em equipamento GNSS para o método estático. O equipamento testado foi o SCA – 12 fabricado pela Ashtech pertencente ao IFPB – Campus João Pessoa. Foram coletados os dados de campo nos pontos pertencentes à rede da UFPE durante três dias. A análise dos resultados fornece a indicação da viabilidade da adaptação para testes de equipamento, pois o procedimento retrata a realidade do equipamento em sua atividade de campo.

Palavras-chave: ISO 17123-8, GPS,

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de testes em equipamento GNSS vem sendo questionada cada vez mais, pois existe a crença de que as medições com GNSS estão sempre corretas. Independente da especificidade do levantamento, um objetivo importante é obter os melhores resultados possíveis, ou seja, precisão compatível com as especificadas pelo manual e para que isso aconteça às medições devem conter o mínimo de erros possíveis. Dessa forma é necessário que o equipamento esteja em bom funcionamento, mas para garantir que um equipamento esteja funcionando de acordo com as especificações do fabricante é essencial testá-lo ou calibrá-lo.

A utilização de bases curtas e longas tem grande importância na análise de erros sistemáticos. No posicionamento relativo, quando se utilizam as duplas diferenças, o multicaminho é a maior fonte de erros sistemáticos para linhas de base curtas. No entanto, para linhas de base média e longas, os erros causados pela refração atmosférica e pelas órbitas dos satélites GPS também têm grande destaque, principalmente a refração ionosférica.

Os levantamentos com os sistemas GNSS no Brasil tem tido um crescimento significativo nos últimos anos. As aplicações da metodologia de posicionamento com os sistemas GNSS tem sido importantes nas mais diversas áreas, aumentando cada vez mais, as exigências quanto à confiabilidade dos dados obtidos através dessa tecnologia. Dessa forma, devido à ausência de normas nacionais, normas internacionais têm sido empregadas para a verificação dos equipamentos geodésicos, porém no Brasil não existem estudos.

A Norma ISO 17123 parte 8, propõem procedimentos de campo a serem adotados na determinação e avaliação da precisão (repetibilidade) dos sistemas de medição de campo com equipamento GNSS em tempo real (RTK). Os procedimentos sugeridos por esta parte da Norma são considerados como os primeiros passos no processo de avaliação da incerteza de uma medição, pois esta é dependente de uma série de fatores em que se enumeram não apenas a precisão assim como também todas as possíveis fontes de erros.

A análise da Norma e adaptação dos procedimentos estabelecidos foi apresentada em um artigo anterior (Silva e Santos, 2010). Dessa forma o presente estudo tem como objetivo mostrar o resultado obtido na adaptação da metodologia de observação proposta pela Norma ISO 17123-08 com o receptor SCA-12.



Para o teste considerou-se o emprego de uma base curta e outra longa caracterizando o uso do equipamento em atividades práticas de transporte de coordenadas. A distância dos pontos para as respectivas bases são, aproximadamente, 260,19 m e 9497,23m.

Dessa forma, a estação da RBMC localizada na cidade de Recife-PE foi escolhida como base curta. A estação é denominada de RECF com coordenadas latitude 08°03'03,4697"S e longitude 34°57'05,4591"O e altura elipsoidal 20,18m, consiste de um pilar de concreto dotado de dispositivo de centragem forçada, localizado no telhado da biblioteca, no Campus da Universidade Federal de Pernambuco.

Para o rastreamento da base longa foi selecionada uma estação da Rede Geodésica de Referência da Santiago e Cintra, localizada em Recife-PE, no alto de um prédio no bairro de Boa Viagem, com coordenadas geodésicas latitude 08°07'26,21145"S e longitude 34°54'24,03887"O e altura elipsoidal 25,01m.

Para o rastreamento das linhas de base utilizou-se o receptor SCA (12 canais) com portadora L1 e código (C/A) do fabricante ASTECH, disponibilizado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado da Paraíba – IFPB, Campus João Pessoa. As precisões especificadas para a distância e altura são de 2cm+1ppm e 4cm+2ppm, respectivamente. (Manual de Operação de Campo Reliance Workabout).

Segundo a Norma, o software utilizado para o processamento das linhas de base deverá ser o software do fabricante do equipamento. Dessa forma os dados do equipamento foram processados no software Ashtech Solutions versão 2.6.

O procedimento de medição ocorreu nos dias 14,15 e 16 de Julho de 2009, totalizando três dias de rastreamento. Seguindo o estabelecido pela Norma ISO 17123-8/2007, efetuaram-se três séries (uma série por dia) cada uma com cinco conjuntos de dados, sendo 10 medições em cada dia de rastreamento. Porém o primeiro dia de rastreamento ficou com apenas três conjuntos de dados, totalizando seis medições devido à capacidade de memória do equipamento que limitou o armazenamento dos dados. A solução para o segundo e terceiro dia foi descarregar os dados ao término da quinta medição com o objetivo de liberar espaço na memória do equipamento para as próximas medições da série.

As bases da RBMC e S&C foram rastreadas, simultaneamente, com os pontos EPS4 e EPS7 e o tempo de ocupação em cada ponto foram de sessenta minutos devido à utilização da base considerada longa. Antes do início do rastreamento, o equipamento foi configurado de acordo com as especificações do fabricante e de alguns parâmetros estabelecidos pela Norma, conforme tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Configurações dos equipamentos de rastreamento

Configuração do equipamento	
PDOP	≤ 6
Satélites	≥ 6
Máscara de elevação	10°
Taxa de gravação	5 seg.

Antes do início do processamento dos dados foi necessário obter os dados de rastreamento dos pontos da RBMC e S&C referentes aos três dias de rastreamento, disponibilizados em formato RINEX, através dos sites do INCRA e da S&C, respectivamente. Os dados foram processados utilizando o software Ashtech Solutions 2.6. Na 1ª série foram processados apenas 26 vetores, devido ao problema já citado, e na 2ª e 3ª séries 30 vetores foram processados, tanto para a base curta quanto para a base longa.

Após o processamento dos dados, as coordenadas geodésicas de cada vetor processado foram transformadas para coordenadas UTM SIRGAS2000 através do software TCGeo.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o objetivo deste estudo, após as medições e processamento dos dados, foi possível obter os resultados referentes à precisão atingida pelo equipamento. A seguir será mostrada a análise dos resultados das observações realizada com o equipamento em estudo.

3.1 Base curta – RBMC

As coordenadas planas E, N e h, de cada ponto, foram processadas em uma planilha, conforme estabelecido pela versão 2007 da Norma. Depois de realizados os cálculos para checagem inicial, observou-se que todos os valores de desvio referentes à distância encontraram-se abaixo do limite calculado para o mesmo, porém na primeira medição do ponto EPS04 e EPS07, na segunda série de medições, o valor máximo do desvio em altura foi de -47 mm, valor que ultrapassa o limite calculado para o mesmo que é de 34,80mm.

Inicialmente o valor do grau de liberdade era de 24, com isso foi possível eliminar os vetores da primeira medição do ponto EPS04 e EPS07, reduzindo o grau de liberdade para 22. Após a eliminação da observação, o valor máximo de desvio em altura foi -29mm para um limite calculado de 32,34mm, em distância o valor máximo de desvio foi de -16,10mm, abaixo do limite calculado para o mesmo de 18,89mm.

Os cálculos de checagem preliminar permitiram a obtenção dos valores dos resíduos e dos desvios padrões experimentais. O grau de liberdade utilizado foi de 22 devido aos vetores eliminados o desvio padrão experimental para a distância e altura foram 5,34mm e 9,15mm, respectivamente.



Serie i	Conjunto j	Ponto k	Medidas (m)			Resíduo (mm2)		
			E	N	h	r_E^2	r_N^2	r_h^2
1	1	4	284742,573	9109481,116	4,897	5	0	8
1	1	7	284650,098	9109407,832	4,613	1	32	123
1	2	4	284742,575	9109481,115	4,903	0	3	10
1	2	7	284650,105	9109407,841	4,636	60	11	142
1	3	4	284742,574	9109481,114	4,900	2	7	0
1	3	7	284650,096	9109407,837	4,615	2	0	83
1	4	4						
1	4	7						
1	5	4						
1	5	7						
2	1	4						
2	1	7						
2	2	4	284742,577	9109481,115	4,905	3	3	27
2	2	7	284650,100	9109407,840	4,619	8	5	26
2	3	4	284742,575	9109481,116	4,900	0	0	0
2	3	7	284650,091	9109407,841	4,627	39	11	9
2	4	4	284742,577	9109481,117	4,903	3	0	10
2	4	7	284650,092	9109407,845	4,626	28	54	4
2	5	4	284742,578	9109481,120	4,891	8	12	78
2	5	7	284650,102	9109407,829	4,605	23	75	364
3	1	4	284742,575	9109481,118	4,902	0	2	5
3	1	7	284650,094	9109407,837	4,643	11	0	358
3	2	4	284742,575	9109481,115	4,902	0	3	5
3	2	7	284650,105	9109407,840	4,641	60	5	286
3	3	4	284742,573	9109481,117	4,900	5	0	0
3	3	7	284650,090	9109407,839	4,630	53	2	35
3	4	4	284742,575	9109481,117	4,903	0	0	10
3	4	7	284650,094	9109407,841	4,624	11	11	0
3	5	4	284742,576	9109481,119	4,892	1	6	61
3	5	7	284650,100	9109407,830	4,610	8	59	198
Média das séries			4	284742,575	9109481,117	4,900		
			7	284650,097	9109407,838	4,624		
Desvio dos resíduos						326	302	1841
Padrão experimental			S_E	S_N	S_h			
			3,85	3,70	9,15			
			Nome do Ponto	Dir Norte (m)	Dir Leste (m)	Altura (m)		
			EPS4	9109481,118	284742,576	4,893		
			EPS7	9109407,837	284650,091	4,636		
			Valores Nominais	D (m)	Dh (m)			
				117,998	-0,257			
			Desvio padrão experimental	S_{E_v} (mm)	S_h (mm)			
				5,34	9,15			

Figura 2 – Planilha teste base curta

3.2 Base longa- S&C

Os cálculos de checagem preliminar permitiram a obtenção dos valores dos resíduos e dos desvios padrões experimentais.

Depois de realizados os cálculos para checagem inicial, observou-se que todos os valores de desvio referentes à altura encontraram-se abaixo do limite calculado para o mesmo, porém na segunda medição do ponto EPS04 e EPS07, na terceira série de medições, o valor máximo do desvio em distância foi de -58mm, valor que ultrapassa o limite calculado para o mesmo que é de 52,06mm. De maneira similar a base curta foi eliminada a observação reduzindo o grau de liberdade para 22 e recalculando-se os valores máximos de desvio em distância foi 46,04mm e em altura 109,08mm. Todas as observações ficaram abaixo desses valores fornecendo os desvios padrões experimentais em distância e altura de 13,02mm e 30,85mm respectivamente.

Serie i	Conjunto j	Ponto k	Medidas (m)			Resíduo (mm2)																														
			E	N	h	r_e^2	r_n^2	r_h^2																												
1	1	4	284743,272	9109480,819	5,061	53	97	6																												
1	1	7	284650,804	9109407,527	4,769	11	51	30																												
1	2	4	284743,292	9109480,812	5,070	163	8	130																												
1	2	7	284650,817	9109407,543	4,780	267	78	30																												
1	3	4	284743,285	9109480,819	5,030	33	97	817																												
1	3	7	284650,809	9109407,532	4,804	69	5	870																												
1	4	4																																		
1	4	7																																		
1	5	4																																		
1	5	7																																		
2																																				
2	1	4	284743,292	9109480,786	4,982	163	537	5865																												
2	1	7	284650,804	9109407,524	4,712	11	103	3906																												
2	2	4	284743,276	9109480,803	5,054	11	38	21																												
2	2	7	284650,807	9109407,535	4,801	40	1	702																												
2	3	4	284743,269	9109480,803	5,059	105	38	0																												
2	3	7	284650,793	9109407,545	4,774	59	117	0																												
2	4	4	284743,280	9109480,817	5,052	1	61	43																												
2	4	7	284650,798	9109407,540	4,733	7	34	1722																												
2	5	4	284743,278	9109480,816	5,051	2	47	58																												
2	5	7	284650,797	9109407,527	4,765	13	51	90																												
3																																				
3	1	4	284743,283	9109480,804	5,069	14	27	109																												
3	1	7	284650,808	9109407,535	4,819	54	1	1980																												
3	2	4																																		
3	2	7																																		
3	3	4	284743,276	9109480,822	5,085	11	165	698																												
3	3	7	284650,787	9109407,546	4,799	187	140	600																												
3	4	4	284743,276	9109480,798	5,102	11	125	1885																												
3	4	7	284650,794	9109407,541	4,754	44	47	420																												
3	5	4	284743,272	9109480,811	5,088	53	3	865																												
3	5	7	284650,790	9109407,515	4,784	114	367	90																												
Média das series		4	284743,279	9109480,809	5,059																															
		7	284650,801	9109407,534	4,775																															
S quadrado dos resíduos						1493	2237	20940																												
Desvio Padrão experimental			S_E	S_N	S_h																															
			8,24	10,08	30,85																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nome do Ponto</th> <th>Dir Norte (m)</th> <th>Dir Leste (m)</th> <th>Altura (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EPS4</td> <td>9109481,118</td> <td>284742,576</td> <td>4,893</td> </tr> <tr> <td>EPS7</td> <td>9109407,837</td> <td>284650,091</td> <td>4,636</td> </tr> <tr> <th>Valores Nominais</th> <th>D (m)</th> <th>Dh (m)</th> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>117,998</td> <td>-0,257</td> <td></td> </tr> <tr> <th>Desvio padrão experimental</th> <th>S_{E_r} (mm)</th> <th>S_h (mm)</th> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>13,02</td> <td>30,85</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									Nome do Ponto	Dir Norte (m)	Dir Leste (m)	Altura (m)	EPS4	9109481,118	284742,576	4,893	EPS7	9109407,837	284650,091	4,636	Valores Nominais	D (m)	Dh (m)			117,998	-0,257		Desvio padrão experimental	S_{E_r} (mm)	S_h (mm)			13,02	30,85	
Nome do Ponto	Dir Norte (m)	Dir Leste (m)	Altura (m)																																	
EPS4	9109481,118	284742,576	4,893																																	
EPS7	9109407,837	284650,091	4,636																																	
Valores Nominais	D (m)	Dh (m)																																		
	117,998	-0,257																																		
Desvio padrão experimental	S_{E_r} (mm)	S_h (mm)																																		
	13,02	30,85																																		

Figura 3 – Planilha teste base longa

3.3 Análise dos testes estatísticos

A partir dos valores dos desvios padrões experimentais e dos graus de liberdade obtidos (v_e , v_n e v_h) após o processamento das observações, foi possível responder as perguntas dos testes estatísticos, segundo o estabelecido pela Norma, quais sejam:

- O desvio padrão experimental calculado, S_{en} , de uma única posição, E e N, é menor ou igual ao valor correspondente, σ_{en} , estabelecido pelo fabricante ou outro valor pré-determinado, σ_{en} ?
- O desvio padrão experimental calculado, S_h , de uma única posição, E e N, é menor ou igual ao valor correspondente, σ_h , estabelecido pelo fabricante ou outro valor pré-determinado, σ_h ?

A condição do teste é satisfeita quando o valor do desvio padrão experimental S_{en} e S_h é menor ou igual ao valor correspondente, σ_{en} e σ_h , do desvio padrão estabelecido pelo fabricante ou outro valor pré-determinado. Para esse cálculo adotou-se 2cm+1ppm para distância e 4cm+2ppm para a altura, foram utilizadas as seguintes fórmulas, conforme estabelecido pela Norma:



$$S_{en} \leq \sigma_{en} \times (\chi^2_{0,95} (v_e+v_n)/v_e+v_n)^{1/2} \quad (1)$$

$$S_h \leq \sigma_h \times (\chi^2_{0,95} (v_h)/v_h)^{1/2} \quad (2)$$

Aplicando-se os valores correspondentes nas fórmulas, foram obtidos os resultados dos testes estatísticos, conforme mostrado na TABELA 4.

Tabela 4 – Resultados dos testes estatísticos

Linha – Base	Condição	
	Sen	Sh
Base curta - RBMC	5,59mm ≤ 23,75mm	9,84mm ≤ 50,32mm
Base longa - S&C	13,02mm ≤ 34,59mm	30,85mm ≤ 73,14mm

4. CONCLUSÕES

A adaptação da Norma ISO 17123/8 e sua utilização em equipamento GNSS através do método de posicionamento relativo estático mostrou-se de fundamental importância para verificar se o desvio padrão experimental está de acordo com o desvio padrão estabelecido pelo fabricante.

Por meio deste estudo, foi possível analisar a resposta de precisão do receptor SCA-12 as respostas aos testes estatísticos, a partir dos parâmetros da Norma ISO 17123/8, o equipamento atende a especificação estabelecida pelo fabricante para precisão em distância e altura.

Salienta-se que tal procedimento deve ser solicitado aos profissionais que trabalham com equipamentos de rastreamento antes de qualquer levantamento, pois esta é a sua ferramenta de medição e mesma deve estar em boa condição de uso.

REFERÊNCIAS

- ALVES, D. B. M; MONICO, J. F. G; JÚNIOR, M. M. **Atenuação de erros sistemáticos no posicionamento relativo GPS utilizando dados de receptores de simples frequência.** In: I Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2004, Recife. Anais... Recife, UFPE, 2010, p. 1-10.
- IBGE. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS (Preliminares).** Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1992.
- INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais.** 1ª Edição. Novembro, 2003.
- ISO 17123. International Organization for Standardization. **Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 8: GPS field measurement systems in real time (RTK).** October, 2003.
- ISO 17123. International Organization for Standardization. **Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 8: GNSS field measurement systems in real time (RTK).** September, 2007.
- MARTIN, David; **Review of Standards, Best Practice, Testing and Calibration in Global Navigation Satellite System (GNSS).** International Federation of Surveyors. Article of the Month, September, 2008.
- MONICO, João Francisco Galera; **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações.** 2. Ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008.
- RELIANCE WORKABOUT. **Manual de Operação de Campo.** ASHTECH, INC. 1170 Kifer Road Sunnyvale, CA USA 94086.
- SILVA, K.K; SANTOS, M. A. **Adaptação da Norma ISO 17123-8 para testes em equipamentos GNSS utilizando o método de posicionamento relativo estático.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010, Recife. Anais... Recife, UFPE, 2010, p. 1-4.