



COMPARAÇÃO ENTRE COORDENADAS OBTIDAS POR MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GNSS RELATIVO ESTÁTICO E RTK

**Rafael V. MORENO¹; Renata G. F. SANGUINETTE²; Mateus S. B. do PRADO³;
Letícia N. PÁDUA⁴; Thamires M. BORGES⁵; Débora A. S. SANTOS⁶; Rômulo M.
AMORIM⁷; Carlos H. CUSTÓDIO⁸; Ronaldo Z. COSTA⁹; Fabio L. ALBARICI¹⁰**

RESUMO

Existe hoje no mercado uma variedade de equipamentos GNSS e com eles, diversos métodos de posicionamento podem ser empregados. Neste artigo foi realizada a comparação da acurácia obtida na determinação de coordenadas por meio de dois métodos de posicionamento por GNSS, o relativo estático e o RTK. A partir dos dados coletados e análises estatísticas conclui-se que ambos os métodos apresentaram resultados satisfatórios, podendo o usuário escolher o método mais conveniente de acordo com a localidade de seu trabalho e seu tempo disponível.

¹ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG – E-mail: rafaelmoreno_eac@hotmail.com

² Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG – E-mail: renata.engcomp@gmail.com

³ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG – E-mail: gauss.mateus@gmail.com

⁴ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG – E-mail: leticianogpadua@gmail.com

⁵ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG – E-mail: thamiresmb@gmail.com

⁶ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG – E-mail: deborasantos1693@gmail.com

⁷ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG – E-mail: ravina.romulo@gmail.com

⁸ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG – E-mail: 1512@ifsulde Minas.edu.br

⁹ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG – E-mail: ronaldozcosta@gmail.com

¹⁰ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG – E-mail: fabio.albarici@ifsulde Minas.edu.br

INTRODUÇÃO

Com o crescimento das atividades utilizando o sistema GNSS muitos estudos vêm sendo realizados nesta área a fim de encontrar a melhor acurácia.

Quando se trata de levantamentos geodésicos com precisão, um dos métodos mais utilizados é o posicionamento relativo estático que consiste em dois ou mais receptores que rastreiam, simultaneamente, os satélites visíveis por um período de tempo maior que 20 minutos, sendo que neste método ainda é necessário a realização de um pós-processamento dos dados (MONICO, 2008).

Outras técnicas buscam a determinação de coordenadas que sejam obtidas precisamente em tempo real sendo o caso do posicionamento cinemático em tempo real, denominado de *Real-Time Kinematic* (RTK) (ALVES, 2008).

Este artigo teve como objetivo apresentar uma comparação entre esses dois tipos de posicionamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os métodos de posicionamento empregados foram o Posicionamento Relativo Estático e Posicionamento Semi-Cinemático com a técnica RTK. A coleta dos dados foi realizada com receptores GNSS Pro Mark 220, o qual apresenta as precisões de 5 mm + 1 ppm para pós-processamento estático e 12 mm + 2 ppm pós-processamento cinemático e antenas ASH111661.

Primeiramente os pontos foram rastreados utilizando o método de posicionamento relativo estático empregando-se a técnica de construção de uma poligonal GPS para possibilitar uma melhor acurácia. O rastreamento de uma hora por ponto foi suficiente pois as linhas de base envolvidas eram curtas (menores que 2km).

Após a coleta dos dados realizou-se o pós-processamento por meio do software GNSS Solutions, obtendo as coordenadas e os desvios padrão para o posicionamento estático. A base utilizada para este processamento foi a RBMC MGIN situada na cidade de Inconfidentes - MG.

Para a utilização da técnica de posicionamento RTK foi escolhido um ponto, daqueles processados no método estático, como base para os demais. A partir deste ponto foram determinadas as coordenadas dos demais pontos, sendo cada um deles ocupados 10 vezes.

A análise das discrepâncias entre os resultados dos dois métodos de levantamento foi feita a partir dos testes estatísticos Qui-quadrado e t de Student determinando assim a acurácia dos dados. Outro parâmetro de qualidade calculado foi o Desvio Padrão com o objetivo de determinar a discrepância das observáveis do método semi-cinemático, pois neste método houve 10 rastreamentos para cada ponto.

Segundo Barbeta, Reis e Bornia (2004), o grau de dispersão de toda a amostra é avaliado a partir do cálculo da variância que é a razão entre a soma dos quadrados dos desvios e o tamanho da amostra. Considerando que o desvio padrão é a raiz quadrada da variância então:

$$S_n^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(X_{RTK}-X)^2}{n} \quad (1)$$

Onde:

X = coordenada obtida pelo posicionamento relativo estático;

X_{RTK} = coordenada obtida pelo método semi-cinemático com RTK;

n = total de amostras;

S_n² = variância da amostra;

S_n = Desvio padrão da amostra;

Foram também analisados os resultados do teste estatístico Qui-quadrado (χ^2). A quantidade usada para a tomada de decisão baseou-se na diferença entre os valores esperados sob H₀ e aqueles observados na amostra.

Podemos dizer que a diferença entre X_{RTK} – X dá uma idéia de compatibilidade entre os valores observados e o modelo proposto (MAGALHÃES; LIMA, 2013). Sua formulação é a seguinte:

$$\chi^2 = \sum \frac{(X_{RTK}-X)^2}{X} \quad (2)$$

É importante notar que o desvio $\sigma = (X_{RTK} - X)$ é a diferença entre a frequência observada e a esperada em uma classe.

O teste Qui-Quadrado se baseia em duas hipóteses: a *hipótese nula* (H₀) onde as frequências observadas não são diferentes das frequências esperadas, e a *hipótese alternativa* (H_a), onde as frequências observadas são diferentes das frequências esperadas, portanto existe diferença entre as frequências (CONTI, 2015).

Neste caso quando o valor de χ^2 calculado for maior ou igual ao valor χ^2 tabelado rejeita-se H_0 e quando o valor de χ^2 calculado for menor que o valor de χ^2 tabelado aceita-se H_0 .

Outro teste realizado foi o t-Student. O teste t pode ser uni ou bicaudal dependendo da definição da hipótese nula que após análise estatística pode ou não ser rejeitada na avaliação do teste. Por exemplo, se a hipótese nula for $|t_{\text{calc}}| \leq t_{\text{tab}}$ e a hipótese alternativa $|t_{\text{calc}}| > t_{\text{tab}}$, ao consultar a função densidade de probabilidade da distribuição t-Student, deve-se considerar somente a área superior, ou seja, somente uma das "caudas" da distribuição (SILVA, 2014).

Segundo GALO E CAMARGO (1994), a formulação para o cálculo do *t-Student* é:

$$t_x = \frac{\overline{\Delta X}}{S_{\Delta X}} \cdot n^{1/2} \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante das coordenadas obtidas pelos dois métodos foram realizados os testes estatísticos de Student e Qui Quadrado e a determinação do desvio padrão, este último verificando a variação entre as coordenadas. Os resultados para os testes foram:

Tabela 1- Análise Estatística para o Ponto 1

P1	E	N	h
σ RTK	0,015642	0,0139413	0,114705
t	0,34164	0,22229	0,15410
t 95% tabela	1,8330		
χ^2	1,5E-08	0	1,8E-04
χ^2 tabela	3,325		

Tabela 2- Análise Estatística para o Ponto 2

P2	E	N	h
σ RTK	0,015	0,0113424	0,011749
t	0,295145	0,571543	10,67148
t 95% tabela	1,8330		
χ^2	1,2E-08	0	1,8E-03
χ^2 tabela	3,325		

Tabela 3- Análise Estatística para o Ponto 3

P3	E	N	h
σ RTK	0,022154	0,0109274	0,120327
t	0,44677	1,3225	0,16504
t 95% tabela	1,8330		
χ^2	0	0	2,1E-04
χ^2 tabela	3,325		

Analisando as tabelas, o desvio padrão médio das coordenadas obtidas por meio de posicionamento RTK foi obtido na casa dos centímetros sendo o maior valor de aproximadamente 2 cm o que demonstra que todos os 10 dados coletados foram precisos.

O valor da altitude geométrica para o ponto 2 apresentou tendência (ver tabela 2) pois o valor de t calculado foi maior que o valor de t da tabela de student.

Para o teste qui-quadrado verificou-se que em todos os casos foi aceita a hipótese nula ($|t_{\text{calc}}| \leq t_{\text{tab}}$). Sendo assim para este teste considera-se que os dois métodos de posicionamento não apresentam diferenças significativas para as determinações das coordenadas.

CONCLUSÕES

Os diferentes resultados entre os testes estatísticos são ocasionados devido à diferença na normalização dos dados para cada método. Os resultados da análise estatística poderiam melhorar caso fossem coletados um maior número de observações, ou que o tempo entre as observações fosse maior, assim o receptor estaria sujeito a diferentes geometrias de satélites garantindo menor inclusão de erros sistemáticos no modelo.

A técnica RTK pode ser utilizada em áreas com o mínimo de obstrução possível e em aplicações onde permita o balanceamento entre o tempo de duração à precisão necessária. Neste caso a precisão é garantida através da aceitação pelo teste qui-quadrado, porém deve-se ter cuidado por comportar-se como um método tendencioso quando não aceita a hipótese nula no teste t-Student, como ocorreu para a altitude geométrica do ponto 2.

Sendo assim é de se analisar que ambos os métodos apresentam acurácia e precisão satisfatória devendo o usuário determinar qual o método mais adequado para a situação no qual este se encontra.

REFERÊNCIAS

ALVES, D. B. M. **Posicionamento GPS Utilizando O Conceito De Estação Virtual**. Presidente Prudente : UNESP , 2008.

BARBETTA; REIS; BORNIA. **Estatística Para Cursos De Engenharia E Informática**. 2004.

MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. P. D. **Noções De Probabilidade E Estatística**. São Paulo: USP, 2013.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento Pelo GNSS, Descrição Fundamentos E Aplicações**. 2º. Ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 476 P.

GALO, M.; CAMARGO, P. O. O uso de GPS no controle de qualidade de cartas COBRAC - **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário** Tomo II. **Proceedings** Florianópolis - SC, p. 41-48. 1994.

SILVA, T. M. **Teste T-Student Teste Igualdade De Variâncias**. Belém: Faculdade De Estatística, 2014.