

AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DE ACURÁCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE POSICIONAMENTO RELATIVO EM TEMPO REAL

Evaluation of accuracy Patterns of Different Real-time Positioning Methods

Higor Machado de Freitas

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Laboratório de Topografia Geodésia e Geotecnologias – URI – Campus Santiago
Av. Batista Bonoto Sobrinho, 733 - São Vicente, Santiago - RS, 97700-000
higormfreitasagro@gmail.com

Júlio César Wincher Soares

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Laboratório de Solos– URI – Campus Santiago - RS
Av. Batista Bonoto Sobrinho, 733 - São Vicente, Santiago - RS, 97700-000
juliowincher@gmail.com

Pedro Maurício Santos dos Santos

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Laboratório de Topografia Geodésia e Geotecnologias – URI – Campus Santiago
Av. Batista Bonoto Sobrinho, 733 - São Vicente, Santiago - RS, 97700-000
p_mauriciosantos@hotmail.com

Matheus Ribeiro Gorski

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Laboratório de Topografia Geodésia e Geotecnologias – URI – Campus Santiago
Av. Batista Bonoto Sobrinho, 733 - São Vicente, Santiago - RS, 97700-000
matheusgorski3@gmail.com

Daniel Nunes Krum

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Laboratório de Solos– URI – Campus Santiago - RS
Av. Batista Bonoto Sobrinho, 733 - São Vicente, Santiago - RS, 97700-000
daniel.krum@hotmail.com

Jéssica Santi Boff

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Laboratório de Solos– URI – Campus Santiago - RS
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000
jessica_santiboff@hotmail.com;

Lucas Nascimento Brum

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Laboratório de Solos– URI – Campus - RS
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000
lucasbrum13@hotmail.com

Resumo:

Foram geradas recentemente, novas técnicas para a determinação do posicionamento preciso e acurado, a fim de observar tipos de coordenadas, posições, limites (artificiais e naturais), alinhamentos, medição de áreas e também a implantações de pontos. Neste trabalho destacam- Se dois métodos de posicionamento: relativo em tempo real, com correção por link de rádio de Frequência Ultra-Alta (UHF) (RTK – UHF) e o relativo em tempo real, com correção por link do Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM) (RTK – Ntrip). A tecnologia RTK – Ntrip apresenta potencialidades para projetos que demandam altíssima acurácia, frente à técnica já consagrada de RTK – UHF. O trabalho teve por objetivo avaliar a acurácia de diferentes tipos de levantamento relativo e em tempo real na obtenção de observações geodésicas. O estudo foi realizado numa área de aproximadamente 3,34 ha, inserida na URI - Campus Santiago. Para a realização da série de PPP (referencial para a acurácia), foram utilizados receptores base de dois equipamentos: receptor GNSS Leica Viva GS15 e, receptor GNSS Leica 1200, ambos (L1/L2), com taxa de coleta de 1 segundo. Foram realizadas quatro horas de rastreio por ponto, perfazendo um total de 140 horas de rastreio, em 34 pontos, na forma de nuvem de pontos. Assim, foram materializados os pontos com coordenadas de referência para o estudo, utilizando o PPP, para avaliação da acurácia dos diferentes métodos de levantamento semi-cinemáticos. A tecnologia NTRIP apresentou potencialidade para trabalhos e projetos que apresentam altíssima acurácia bidimensional, sendo eles o Georreferenciamento de Imóveis Rurais e também o CTMU.

Palavras-chave: Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS); desenvolvimento tecnológico; CTM; RTK – Ntrip.

Abstract

New techniques have recently been developed for the determination of precise and accurate positioning in order to observe types of coordinates, positions, limits (artificial and natural), alignments, measurement of areas and also the point deployments. In this work we highlight two methods of positioning: relative in real time, with UHF (RTK - UHF) radio link correction and the real time relative correction by link of the Global System for Mobile Communications (GSM) (RTK - Ntrip). RTK technology - Ntrip presents potential for projects that require very high accuracy, compared to the already established technique of RTK - UHF. The objective of this study was to evaluate the accuracy of different types of relative and real-time obtaining geodetic observations. The study was carried out in an area of approximately 3.34 ha, URI - Campus Santiago. For the realization of the PPP series (referential for accuracy), receptors were used Leica Viva GNSS receiver GS15 and GNSS receiver Leica 1200, both (L1 / L2), with collection rate of 1 second. Four hours of screening were performed per point, for a total of 140 hours of tracking, in 34 points, in the form of cloud of points. Thus, the points with coordinates for the study, using the PPP, to evaluate the accuracy of the different survey methods. semi- cinematic. The NTRIP technology presented potential for projects and projects that present very high two-dimensional accuracy, being the Georeferencing of Rural Property and also the CTMU.

Keywords: Global Navigation Satellite System (GNSS); technological development; CTM; RTK - Ntrip.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os profissionais do cadastro técnico multifinalitário utilizam métodos de topografia em conjunto com o posicionamento por satélite, integrando assim, a geodésia, o Sistema Global de Navegação por Satélites (GNSS), que é composto pelo GLONASS (Global'naya Navigatstonnaya Sputnikowaya Sistema), GPS (Global Positioning System), SBAS (Satellite Based Augmentation System), GALILEO e COMPASS/BEIDOU.

Com o passar dos anos foram geradas novas técnicas para a determinação do posicionamento preciso e acurado, a fim de observar tipos de coordenadas, posições, limites (artificiais e naturais), alinhamentos, medição de áreas e também a implantações de pontos. No presente trabalho se destacam dois métodos de posicionamento: o posicionamento relativo em tempo real, com correção por link de rádio de Frequência Ultra-Alta (UHF) (RTK – UHF) e o posicionamento relativo em tempo real, com correção por link do Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM) (RTK – Ntrip).

A técnica RTK, que significa correção do posicionamento em tempo real, favorece o aumento de produtividade nos projetos, seja nos levantamentos topográficos ou nos trabalhos de implantação de pontos em obras de infraestrutura. Quando as correções são da fase da onda portadora, o posicionamento passa a ser denominado de Real Time Kinematic (RTK). Este tipo de posicionamento vem sendo muito empregado, pois, permite determinar a posição do receptor rover (antena), em tempo real e de forma acurada, sendo um dos mais avançados no posicionamento por GNSS (MONICO, 2008).

O RTK – UHF baseia-se na aplicação de um receptor base e um receptor móvel, por ser um método de posicionamento relativo, as coordenadas do vértice de interesse são determinadas a partir de um vértice de coordenadas conhecidas, obtendo correção em tempo real por onda de rádio de Frequência Ultra-Alta (UHF).

A conexão RTK – Ntrip ainda demanda muitos estudos sobre a estabilidade (precisão) e a acurácia (exatidão) do sistema. A facilidade desta técnica RTK, se dá em função da conexão pelo Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM), que teoricamente, permite ampliar a área de trabalho, a partir de uma estação de referência, tornando mais fácil a utilização do sistema em campo, permitindo maior produtividade nos projetos.

Para a avaliação da qualidade do posicionamento cinemático, temos como referencial o método de posicionamento por ponto preciso (PPP), o qual é utilizado como referencia, pois, emprega as efemérides precisas (finais) para gerar correções aos erros dos relógios dos satélites, elementos essenciais para esse método. Adicionalmente, as correções para os efeitos advindos da ionosfera e troposfera são essenciais para se obter alta acurácia, conforme IBGE (2017).

A tecnologia RTK – Ntrip apresenta potencialidades para trabalhos e projetos que demandam alta acurácia; assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a acurácia de diferentes tipos de levantamento relativo e em tempo real na obtenção de observações geodésicas.

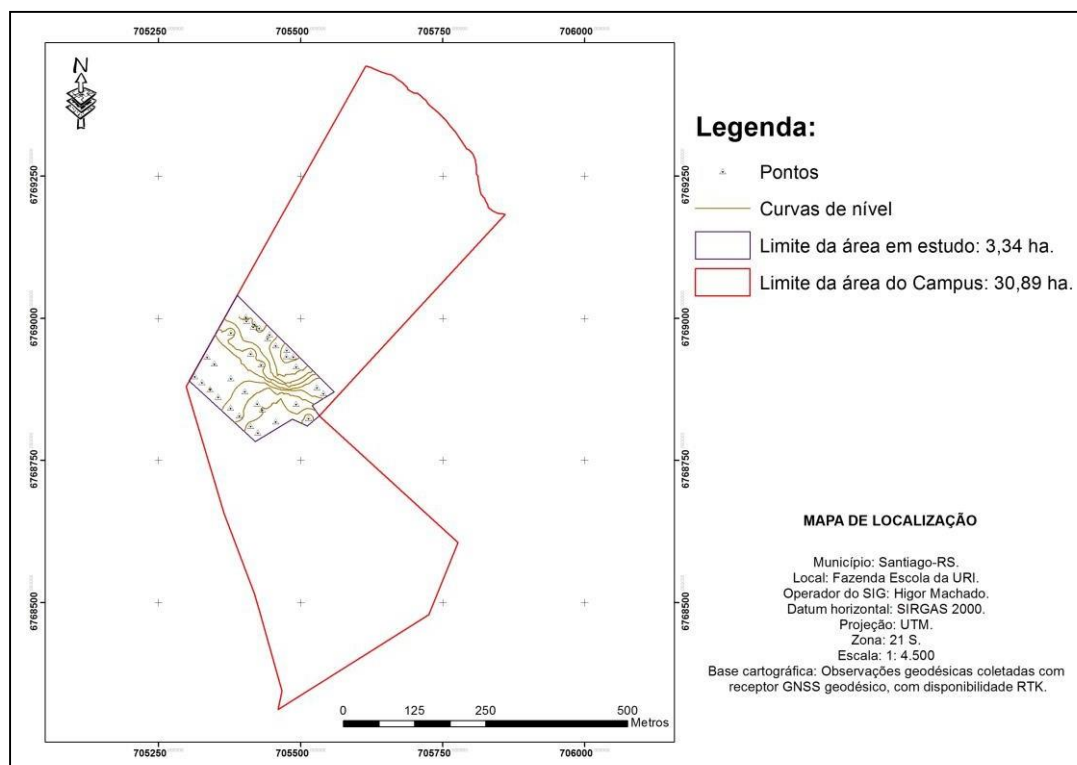
2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa área de aproximadamente 3,34 ha, inserida na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus Santiago, com coordenadas UTM 705573.07 (m) N e 6769119.44 (m) E, referenciadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS), no fuso 21J, Meridiano Central -57.

O relevo exibe feições de suave ondulado a ondulado, com altitudes que alcançam aproximadamente 404 metros.

Os diferentes equipamentos geodésicos utilizados durante o estudo foram instalados em 34 pontos de observação, materializados na forma de piquetes, os quais formaram uma nuvem de pontos (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização dos pontos para as observações geodésicas.



Para a realização da série de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), foram utilizados receptores base de dois equipamentos: receptor GNSS de marca e modelo Leica Viva GS15 e receptor GNSS Leica 1200, ambos com dupla frequência (L1/L2), classificados como geodésicos. Foram realizadas quatro horas de rastreamento por ponto, perfazendo um total de cento e quarenta horas (140 horas) de rastreamento, em 34 pontos de observação.

Posteriormente, as séries de rastreamento foram pós-processadas utilizando efemérides finais do serviço online gratuito do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), obtendo-se coordenadas referenciadas ao SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

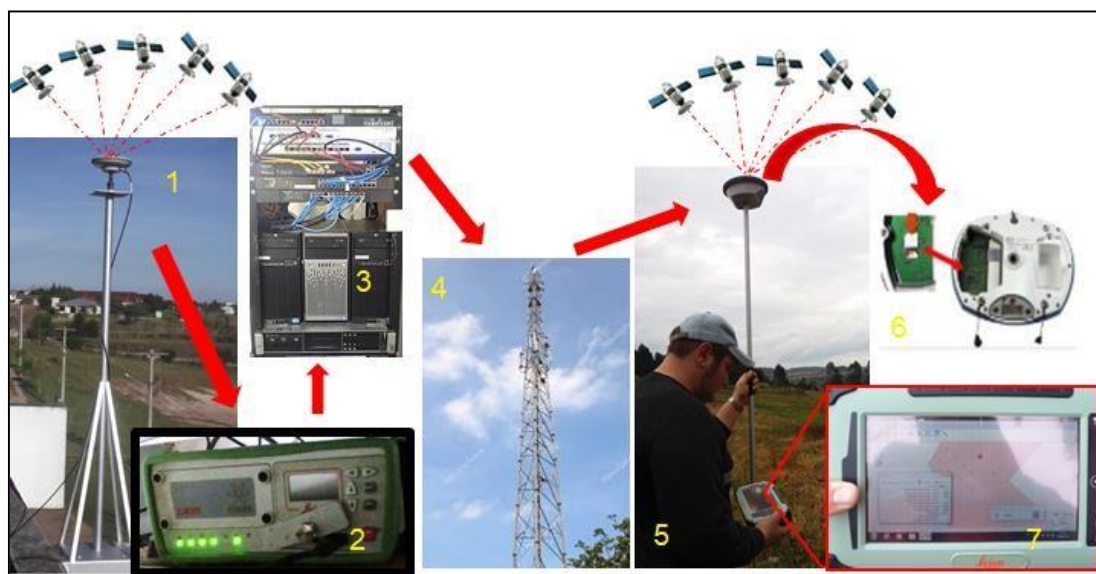
O RTK - UHF baseia-se no posicionamento relativo, utiliza correções da fase da portadora recebidas do receptor base (colocado numa estação de coordenadas conhecidas), via link de rádio em frequência UHF, com algoritmos para a resolução de ambiguidades em tempo real.

Os métodos de posicionamento relativo dependem diretamente da distância entre os receptores - BASE → ROVER. No caso dos levantamentos, havendo obstruções BASE → ROVER impossibilita-se o estabelecimento da correção via link de rádio UHF.

O Serviço Ntrip é baseado em um protocolo que é capaz de transmitir dados GNSS pela Internet e por mensagens do Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM). Como a estação de referência é privada, ficou selecionado um IP (Internet Protocol) por meio da configuração da estação de referência, a qual foi escolhida pelo usuário na configuração do equipamento móvel, durante o levantamento pela técnica RTK – Ntrip (GSM).

Para a construção da estação de referência privada foi instalada a antena AS10 da marca Leica numa base especial, em um dos pilares da cobertura do prédio quatro da universidade, a qual foi amarrada a um marco geodésico, materializado após quatro séries de rastreamento, com oito horas de duração. O servidor de referência de marca e modelo Leica GR25, que recebe os dados da antena AS10, viabiliza a recepção de dados de correção da antena em modo NTRIP client, calculando uma posição fixa RTK em sincronia com o Servidor de Referência GNSS (Figura 2 e Figura 3).

Figura 2: Fluxograma descritivo do método de posicionamento RTK – Ntrip.



- 1- Antena AS10 instalada na cobertura do prédio quatro da universidade; 2- Estação de Referência GR25; 3- Servidor que armazena as observações geodésicas; 4- Rede de comunicação móvel; 5- Coleta de pontos a campo; 6- Chip de celular para a conexão 3G; 7- Tela de trabalho do tablet CS25.

Figura 3: Tela de configuração e almanaque de satélites da estação de referência GR25.



Os dados das observações geodésicas realizadas com o RTK – Ntrip foram importados da controladora CS25, utilizando o software Zeno Office.

Após a importação dos dados, as observações geodésicas deram origem a arquivos vetoriais .shp (shapefile), no software do Sistema de Informações Geográficas ArcGIS® 10.5.1.

Como medidas de acurácia para os diferentes métodos de posicionamento foram aplicados os seguintes critérios de ajuste: a Média dos Desvios Absolutos (MAD), que consiste na média da diferença entre os valores reais e preditos; a Média Aritmética dos Quadrados dos Desvios (MSE), que realça os grandes erros, comparados aos erros de menor magnitude; a Raiz Quadrada da Média Aritmética dos Quadrados dos Desvios (RMSE), sendo que esse critério também tende a exagerar

erros grandes, e por assim podem ajudar a eliminar valores com grandes erros; e a Média Absoluta Percentual dos Erros (MAPE), onde dentre os critérios para avaliar a acurácia da previsão, é o mais popular (KAHN, 1998) e também, o valor de sigma.

A dispersão dos pontos ou o sigma 2D, ou o erro de posicionamento horizontal como é chamado, é o parâmetro que os fabricantes utilizam para caracterizar a precisão de seus equipamentos. A área dentro das medidas ou parâmetros estimados é chamada de região de confiança, para este estudo utilizou-se 95% de confiança, conforme Novatel (2003).

Assim, considera-se que o desempenho dos diferentes métodos de posicionamento em tempo real depende dos critérios estatísticos supracitados (MOREELS et al., 2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise do MAD, que permite avaliar o nível de erro da previsão, é possível afirmar que o posicionamento gerado por RTK - UHF apresenta um erro médio de 0,04848 para longitude, 0,02690 para latitude, resultados considerados muito bons para acurácia do posicionamento. Já o RTK – Ntrip, apresentou MAD de 0,09500 para longitude e de 0,03575 para latitude (Tabela 1).

Para o RTK – UHF, outro critérios estatísticos que também foi considerado satisfatório é o MAPE, que objetiva avaliar a magnitude do erro com relação à série, este, mostrou um erro percentual médio de 0,00001 para longitude e de 0,00000 para latitude. Logo, o RTK - Ntrip também demonstrou resultados satisfatórios com 0,00001 para latitude e 0,00000 para longitude.

Em relação ao critério estatístico a Média Aritmética dos Quadrados dos Desvios (MSE), obtiveram-se valores para RTK - UHF de 0,00878 para longitude e de 0,00153 para latitude. Já para o RTK – Ntrip observou-se valores interessantes, como de 0,02917 para longitude e de 0,00264 para latitude, considerado satisfatório para o posicionamento com alta acurácia.

Para o critério estatístico Raiz Quadrada da Média Aritmética dos Quadrados dos Desvios (RMSE), observaram-se resultados para RTK - UHF, de 0,09369 para longitude, 0,03915 para latitude. Para o RTK – Ntrip, o RMSE foi de 0,17079 para longitude e de 0,05135 para a latitude, novamente, o critério estatístico foi interessante para o posicionamento com alta acurácia.

Tabela 1: Critérios estatísticos para a avaliação da acurácia de diferentes métodos de posicionamento por GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

ATRIBUTO GEODÉSICO	MAD	MSE	RMSE	MAPE
E-RTK/UHF	0,04848	0,00878	0,09369	0,00001
N-RTK/UHF	0,02690	0,00153	0,03915	0,00000
E-NTRIP	0,09500	0,02917	0,17079	0,00001
N-NTRIP	0,03575	0,00264	0,05135	0,00000

E-RTK/UHF: Longitude RTK/UHF. N-RTK/UHF: Latitude RTK/UHF. E-NTRIP: Longitude NTRIP. N-NTRIP: Latitude NTRIP. MAD: Média dos Desvios Absolutos. MSE: Média Aritmética dos Quadrados dos Desvios. RMSE: Raiz Quadrada da Média Aritmética dos Quadrados dos Desvios. MAPE: Média Absoluta Percentual dos Erros.

Conforme os critérios estatísticos referentes à avaliação dos diferentes métodos de posicionamento em tempo real, observados nas tabelas 1 e 2, o método RTK - UHF apresentou maior acurácia, quando comparado ao RTK - Ntrip, exclusivamente para os pontos livres de obstáculos, obstruções às correções propagadas via link de rádio UHF (BASE → ROVER), causadas por feições do relevo, vegetação, edificações e outros.

Durante a avaliação do método de posicionamento RTK - Ntrip foi constatado que para as variáveis X e Y (longitude e latitude, respectivamente), obteve-se o posicionamento preciso e acurado (Tabela 1, Tabela 2).

Tabela 2: Observações geodésicas registradas por diferentes métodos de posicionamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

ID-Ponto	PPP		RTK – UHF	RTK - NTRIP
	Este (x)	Norte (y)	Qualid. 2D	Qualid. 2D
01	705424,691	6768799,384	0.01135	0,01
02	705412,335	6768810,490	0.00964	0,01
03	705392,200	6768828,638	0.01243	0,01
04	705376,717	6768842,587	0.01512	0,01
05	705355,163	6768861,968	0.01483	0,01
06	705340,713	6768874,864	0.01300	0,01
07	705326,439	6768887,476	0.02661	0,01
08	705313,803	6768898,132	0.02458	0,01
09	705348,471	6768920,350	0.01418	0,01
10	705377,587	6768894,385	0.01470	0,01
11	705402,092	6768871,995	0.01308	0,01
12	705423,461	6768849,997	0.01409	0,01
13	705433,123	6768839,986	0.01350	0,01
14	705456,371	6768818,795	0.01457	0,01
15	705377,637	6768975,433	0.01619	0,02
16	705412,556	6768937,808	0.01791	0,01
17	705430,820	6768918,324	0.01134	0,01
18	705492,172	6768849,392	0.01420	0,01
19	705513,957	6768824,411	0.01910	0,01
20	705404,961	6768995,721	0.01861	0,01
21	705417,051	6768985,627	0.01681	0,01
22	705441,972	6768965,024	0.01487	0,01
23	705456,265	6768952,405	0.01718	0,01
24	705475,381	6768933,293	0.01801	0,01
25	705529,028	6768878,568	0.01988	0,01
26	705487,185	6768933,136	0.02177	0,01
27	705475,735	6768944,238	0.01817	0,01
28	705445,314	6768971,567	0.01451	0,01
29	705427,316	6768983,135	0.01560	0,01
30	705419,326	6768990,254	0.02033	0,01
31	705403,673	6769002,846	0.01461	0,01
32	705335,578	6768932,082	0.02585	0,01
33	705492,591	6768914,896	0.01850	0,01
34	705540,508	6768868,371	0.01578	0,01

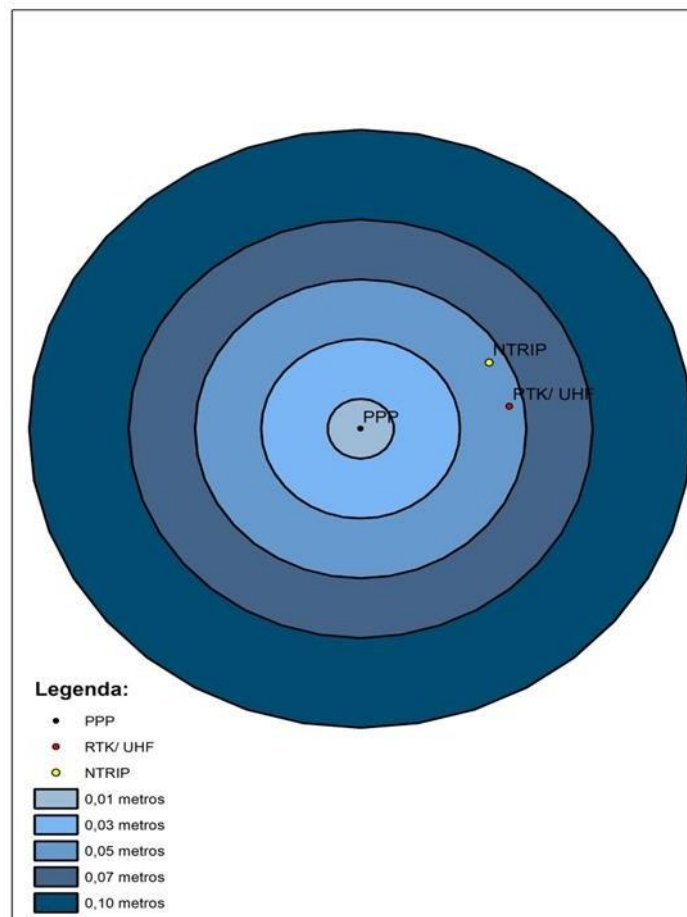
ID: Identificação do ponto. Ponto Este (x): Longitude. Norte (y): Latitude. Qualid. 2D: Qualidade 2D. PPP: Posicionamento por ponto preciso. RTK – UHF: Real Time Kinematic - Frequência Ultra-Alta. RTK – Ntrip: Real Time Kinematic - Sistema Global para Comunicações Móveis.

A figura 4 descreve convergências de resultados entre os diferentes métodos de posicionamento em tempo real, tendo como referencial, o posicionamento por ponto preciso PPP. Assim, observa-se que a tecnologia RTK - Ntrip apresentou potencialidade para trabalhos e projetos que demandam alta acurácia no posicionamento bidimensional, dentre eles o Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

Durante o trabalho observou-se que como vantagem para o método de posicionamento RTK - UHF o envio de observações é sem custo adicional e o trabalho é independente da cobertura GSM. Exibindo como limitações o alcance do rádio devido aos obstáculos na área de interesse e a equipe tendo que ser composta por no mínimo dois profissionais.

O método de posicionamento RTK – Ntrip apresenta como benefício, a equipe composta por apenas um profissional em função de precisar somente de um receptor móvel (rover), e a rapidez na produtividade dos projetos. Apresentando como limitação a necessidade da cobertura GSM na área de atuação.

Figura 4: Convergências dos resultados entre os diferentes métodos de posicionamento em tempo real, tendo como referencial, o posicionamento por ponto preciso (PPP).



O presente trabalho abre caminho para estudos futuros, primeiramente, para Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano (CTMU), que podem servir como uma iniciativa para um plano

diretor de um município, e Cadastro Técnico Multifinalitário Rural (CTMR), que serve para o gerenciamento e organização de uma propriedade rural.

Este trabalho faz parte do projeto de pesquisa: Fortalecimento da Cadeia Apícola no Vale do Jaguarí. Projeto de longa duração que além de mapear os apiários da região do Vale do Jaguarí, visa fortalecer os apicultores na forma de entrega de mudas para aumento da floração apícola e na formação de um banco de dados para o desenvolvimento da atividade.

4. CONCLUSÕES

Os obstáculos encontrados no link de rádio RTK - UHF na comunicação entre a (BASE → ROVER) influência na coleta dos pontos.

A tecnologia Ntrip apresentou potencialidade para trabalhos e projetos que apresentam alta acurácia bidimensional, dentre eles os de Cadastro Técnico Multifinalitário.

Agradecimentos

A Secretaria do Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia (SDECT) e ao Polo de Modernização Tecnológica do Vale do Jaguarí.

Referências Bibliográfica

IBGE 2017. **Manual do Usuário Aplicativo Online IBGE-PPP** Versão: abril 2017. Rio de Janeiro.p2.

KAHN, K. B. Benchmarking Sales Forecasting Performance Measures. **The journal of Business Forecasting Methods & Systems**, v.17, n.4, p.19-23, 1999.

MONICO, J.F.G. 2000. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS**: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora UNESP, p287.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora da UNESP, 2008.

MOREELS, E. et al. Simulating nitrate leaching in bare fallow soils: a model comparison. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 67, n. 2, p. 137-144, 2003.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

NOVATEL, POSITIONING LEADERSHIP. **GPS Position Accuracy Measures**. December 03, 2003. 02 p. Disponível em <<https://www.novatel.com/assets/Documents/Bulletins/apn029.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.