

ACURÁCIA DO POSICIONAMENTO EM TEMPO REAL UTILIZANDO SERVIÇO DE CORREÇÃO GLOBAL DA BANDA L

Real Time Positioning Accuracy Using Band-L Global Correction Service

David Luciano Rosalen

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - FCAV

david.rosalen@unesp.br

Israel Molina Cyrineu

AgroData Soluções Inteligentes

israelcyrineu@usp.br

Gustavo Fedrizzi da Silva

AgroData Soluções Inteligentes

gustavofedrizzi@gmail.com

Beatriz Valeriano

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - FCAV

valeriano-beatriz@hotmail.com

Resumo:

O Posicionamento Relativo Cinemático em Tempo Real (*Real Time Kinematic-RTK*) é muito recomendado devido a sua praticidade e qualidade em termos de georreferenciamento. Ressalta-se que um aperfeiçoamento do método RTK é a VRS (*Virtual Reference Station*). Semelhante ao RTK, o Serviço de Correção Global da Banda L fornece dados de precisão ao nível de centímetros, com cobertura global. Também, ressalta-se que com o advento dos *smartphones* há uma tendência da utilização desta tecnologia como um coletor e processador de dados, através de aplicativos específicos. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de posicionamento utilizando serviço de correção global da banda L, utilizando receptor geodésico conectado a um *smartphone* através de aplicativo específico. A área de estudo foi implantada na forma de uma malha regular espaçada de 10 m e composta por 36 pontos. Para a coleta de dados utilizou-se o receptor GNSS geodésico Arrow Gold e como controladora utilizou-se *smartphone* e o aplicativo EOS Tools Pro. Como valores de referência adotaram-se as coordenadas obtidas a partir do posicionamento VRS. Em termos de acurácia, os valores obtidos foram satisfatórios, com 3,5 cm para planimetria e 4,9 cm para a altimetria. Os resultados indicaram que receptores geodésicos GNSS controlados por *smartphone* através de aplicativos, permitiram a correção em tempo real utilizando a Banda L. A qualidade do posicionamento foi favorável, pois estão dentro do que é declarado pelo fornecedor do serviço de correção pela Banda L e pelos padrões de qualidade da Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

Palavras-chave: NTRIP, PPP; Georreferenciamento; *Smartphone*.

Abstract:

The Real Time Kinematic Relative Positioning - RTK is highly recommended due to its practicality and quality in terms of georeferencing. It stands out that an improvement of the RTK method is the VRS (Virtual Reference Station). Similar to the RTK, the L-Band Global Correction Service provides precision data at the centimeter level, with global coverage. Also, it is noteworthy that with the advent of smartphones there is a tendency to use this technology as a data collector and processor, through specific applications. In this context, the objective of the work was to evaluate the quality of positioning using the global correction service of the L-Band, using a geodetic receiver connected to a smartphone through a specific application. The study area was implanted in the form of a regular grade spaced 10 m and composed of 36 points. For data collection, the Arrow Gold geodetic GNSS receiver was used and as a controller, a smartphone and the EOS Tools Pro application were used. As reference values, the coordinates obtained from the VRS positioning were adopted. In terms of accuracy, the values obtained were satisfactory, with 3.5 cm for planimetry and 4.9 cm for altimetry. The results indicated that geodetic GNSS receivers controlled by smartphone through applications, allowed the correction in real time using the L-Band. The quality of the positioning was favorable, as they are within what is stated by the correction service provider by L-Band and by the quality standards of the Technical Standard for Georeferencing of Rural Properties.

Keywords: NTRIP, PPP; Georeferencing; Smartphone.

1. INTRODUÇÃO

A Lei 10.267, de 28-08-2001, teve como objetivo principal a criação do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais – CNIR (Rosalen, 2014a), exigindo o georreferenciamento dos imóveis rurais. Os procedimentos técnicos para o georreferenciamento são descritos pela Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, terceira edição (INCRA, 2013a) e pelo Manual Técnico de Posicionamento (INCRA, 2013b) e pelo Manual Técnico de Limites e Confrontações (INCRA, 2013c).

Rosalen (2014b) indica que o surgimento desta lei foi fundamental para a regularização cadastral rural brasileira, que possibilitou, inclusive, a eliminação de uma série de fraudes em termos de registro cartorário, como as indicadas em INCRA (2009). Também, é importante ressaltar que o georreferenciamento não é somente fundamental para o cadastro de imóveis, como indicado em Rosalen et al. (2012), mas é indispensável para a utilização das geotecnologias na Agricultura de Precisão ou Digital. Outro ponto relevante, a destacar, é que tanto o georreferenciamento de imóveis rurais, como a Agricultura de Precisão deram um grande incremento com o uso do posicionamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*) em termos de mapeamento e de navegação de máquinas agrícolas.

Em termos de qualidade de posicionamento, no método de Posicionamento por Ponto Simples considera-se acurácias boas na ordem de 2 a 3 metros, em condições ideais, e atingem até 10 metros em situações mais precárias (GOMES, 2019; MONICO, 2008). Porém, há métodos que podem proporcionar melhor qualidade. Destaca-se que com o aprimoramento dos receptores, nos últimos anos, podem-se obter erros na ordem de grandeza de centímetros ou até de milímetros (PESYNA; HEATH; HUMPHREYS, 2014).

INCRA (2013b) descreve os diferentes métodos de posicionamento GNSS recomendados ao georreferenciamento de imóveis rurais. Destes, o Posicionamento Relativo Cinemático em Tempo Real (*Real Time Kinematic - RTK*) torna-se muito recomendado devido a sua praticidade e qualidade em termos de georreferenciamento. Conforme Monico (2008) o posicionamento RTK exige que o processamento das correções seja realizado em tempo real e, dessa forma, existe a necessidade do estabelecimento da comunicação entre a

antena receptora base e a antena receptora móvel.

Conforme Rosalen e Amazonas (2019), a comunicação entre o receptor GNSS Base e o receptor Móvel pode ser realizada de forma analógica via rádio ou na forma digital pela internet através do protocolo NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*), sendo que este último dispensa a necessidade de rádio e da base GNSS no momento da coleta de dados. Porém, exige que na área seja disponibilizado o sinal NTRIP, como o disponibilizado pela RBMC-IP (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em tempo real) do IBGE.

É importante ressaltar que um aperfeiçoamento do método RTK é a VRS (*Virtual Reference Station*). As Estações de Referência Virtual são pontos virtuais nos quais as observações GNSS são sintetizadas a partir dos dados de uma rede de estações GNSS permanentes (ADAVI; WEBER, 2019). Essa estação virtual servirá de base para a determinação das coordenadas de um ponto situado em sua vizinhança.

Semelhante ao RTK, o Serviço de Correção Global da Banda L fornece dados de precisão ao nível de centímetros, com cobertura global, usando o sinal de correção TerraStar transmitido no canal da Banda L a bordo do satélite de telecomunicações Inmarsat (ANANTAKAM et al., 2019).

Em termos gerais, o RT-PPP (*Real Time Precise Point Positioning*) é o desenvolvimento do método de Posicionamento de Ponto Preciso (PPP). O PPP tradicional utiliza um leque de observáveis GNSS, como diferenças de fases e pseudodistâncias, combinadas a modelos ionosféricos. Para obter alta precisão no posicionamento, o PPP necessita de dados precisos de órbitas e de relógio, que podem ser obtidos a partir do IGS (*International GNSS Service*). Atualmente, existem vários provedores que utilizam satélites geostacionários de Banda L e fazem a correção da órbita e a correção do relógio em tempo real, tais como RTX (Trimble, Sunnyvale, Califórnia, EUA), VERIPOS (Hexagon, Stockholm, Suécia) e Atlas (Hemisphere GNSS, Scottsdale, Arizona, EUA) (GUMILAR et al., 2019).

Destaca-se que o PPP possibilita correção em tempo real ou correção após processamento, como o Trimble CenterPoint RTX, que oferece ambas opções, em tempo real e o serviço de pós-processamento, PPP online (ALKAN et al., 2020).

Também, ressalta-se que com o advento dos *smartphones* há uma tendência da utilização desta tecnologia como um coletor e processador de dados, através de aplicativos específicos, sendo seu uso de grande praticidade, como destacado por Pinto et al. (2016).

Esse fato tem levado ao desenvolvimento de trabalhos que envolvam essa tecnologia e também de mapeamentos cadastrais realizados em áreas urbanizadas; nestas, podem ocorrer perda de qualidade na recepção dos sinais envolvidos no posicionamento GNSS, devido a obstruções. Neste contexto, segundo Wang, Groves e Ziebart (2015), sinais de telefone que se encontram perpendicular à direção da rua possuem mais propensão de serem fracos e/ou bloqueados e/ou refletidos por edifícios ao redor. Uma solução dada por esses autores, para gerar uma melhor transmissão de sinal, foi o incremento do sinal GNSS com o auxílio de sensores extras. Neste contexto, destaca-se a tecnologia A-GNSS (*Assisted-GNSS*), que tem como ideia geral aproveitar as vantagens de um *link* de comunicação terrestre para apoiar o equipamento do usuário na determinação de sua posição atual, como descrito em Korb et al. (2020).

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a qualidade de posicionamento, em tempo real, utilizando serviço de correção global da banda L, utilizando receptor geodésico conectado a um *smartphone* através de aplicativo específico. Sendo essa acurácia determinada a partir do posicionamento VRS. Também, como objetivo

secundário verificar a viabilidade do uso de receptores GNSS geodésicos serem controlados a partir de *smartphones*, através de aplicativo e utilizando correções em tempo real.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em Piracicaba, Estado de São Paulo. A área de estudo foi implantada na forma de uma malha regular espaçada de 10 m e composta por 36 pontos (Figura 1), demarcada por piquetes (Figura 2). Destaca-se que no período de coleta de dados (dezembro de 2019) a área experimental estava livre de vegetação.

Figura 1 – Malha experimental da área de estudo sobreposta a uma imagem, datada de julho de 2020, do Google Earth,



Figura 2 – Demarcação e medição da malha experimental.



Para a coleta de dados utilizou-se o receptor GNSS geodésico Arrow Gold (Eos Positioning Systems, Terrebonne, Québec, Canadá) (Figura 3). Este é capaz de rastrear três frequências (L1, L2 e L5) e as quatro constelações globais (GPS, GLONASS, Galileo e BeiDou).

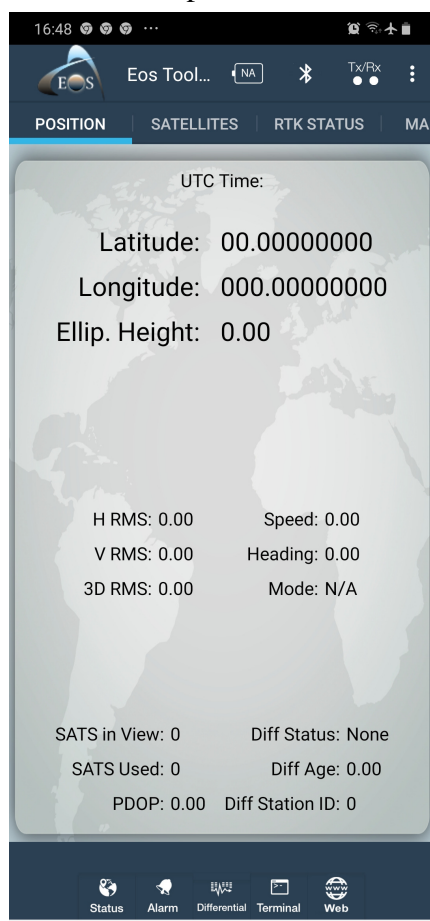
Figura 3 - Conjunto receptor GNSS Arrow Gold.



Fonte: Rosalen et al. (2019).

Como controladora utilizou-se *smartphone* Apple iPhone SE e o aplicativo EOS Tools Pro (Figura 4), que roda tanto na plataforma Android, como iOS. O aplicativo EOS Tools realiza a interface entre a antena receptora GNSS e o *smartphone*. Além deste aplicativo, utilizou-se o aplicativo SW Maps para registro dos pontos mapeados. Posteriormente, os dados coletados foram exportados e manuseados no *software* QGIS e em planilha eletrônica. Sendo que a análise dos dados foi também realizada em planilha eletrônica

Figura 4 - Tela do aplicativo EOS Tools Pro.



Este conjunto antena receptora GNSS e aplicativo/*smartphone* possibilitaram a recepção de correções em tempo real da rede VRS CEGAT (Centro Geodésico da Alezi Teodolini, São Paulo, Brasil), via protocolo NTRIP, e da correção via satélite *Global Correction Services for GNSS* Atlas H10 (Hemisphere GNSS, Scottsdale, Arizona, EUA). Destaca-se que a correção Atlas H10 fornece 8 cm de erro a 95% de confiabilidade (4 cm de *Root-Mean-Square error* - RMS).

Para avaliação da qualidade de posicionamento, em tempo real, utilizando serviço de correção global da banda L (correção Atlas H10), utilizaram-se como valores de referência as coordenadas obtidas a partir do posicionamento VRS (correção CEGAT). Considerando os pontos malha amostral como espaço amostral, determinou-se o erro médio absoluto, a precisão (desvio-padrão) e a acurácia (erro médio quadrático), conforme Ghilani e Wolf (2006), do posicionamento obtido a partir da correção Atlas H10. A qualidade planimétrica foi obtida conforme a precisão posicional descrita em INCRA (2013a).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos no mapeamento dos pontos da malha experimental são exibidos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados obtidos do mapeamento da malha amostral.

Item	Este (m)	Norte (m)	Planimetria (m)	Altimetria (m)
Erro médio absoluto	0,016	0,024	0,028	0,041
Precisão (68,3%)	0,020	0,028	0,034	0,032
Precisão (95,0%)	0,039	0,055	0,068	0,062
Acurácia	0,020	0,028	0,035	0,049

Os valores exibidos na Tabela 1 indicam que praticamente não ocorreu tendência para as componentes Este e Norte das coordenadas, visto que a precisão (68,3%) é equivalente a acurácia. Porém, para a altimetria ocorre um maior valor de tendência, de aproximadamente 4 cm (em módulo). Dessa forma, a solução para altimetria deve ser mais bem avaliada.

Em termos de acurácia, os valores obtidos, a partir da precisão (68,3%), são bem satisfatórios, tendo 3,5 cm para planimetria e 4,9 cm para a altimetria, comparando esse resultado com o encontrado em Alves et al. (2010). Esses autores, com uma hora de ocupação e PPP pós-processado encontraram acurácia 6,8 cm para a componente Norte e 7,6 cm para a componente Este, resultando em cerca de 10 cm de acurácia planimétrica. Ressalta-se que o tempo de ocupação do ponto é uma variável importante para a obtenção de melhores qualidades no PPP pós processado, como indicam Camargo e Rosalen (2018).

Também, em termos de erro médio absoluto, o valor de 2,8 cm para planimetria e de 4,1 cm para altimétrica são adequados; pois, em Alkan et al. (2020), também com correção em tempo real, determinaram valores de 3,7 cm para planimetria e de 3,9 cm para altimetria. Em Anantakarn e Witchayangkoon (2019), utilizando também a correção pela Banda L, obteve uma acurácia de 4,1 cm na planimetria.

Os erros encontrados estão dentro dos 8 cm (95%), que o fornecedor da correção Atlas declara para os usuários. E, tanto na planimetria, como na altimetria, os resultados encontram-se dentro das prescrições da Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2013a, 2013b, 2013c).

4. CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que a tecnologia de receptores geodésicos GNSS controlados por *smartphone* através de aplicativos, permitiram a correção em tempo real utilizando a Banda L, assim como a correção via VRS.

Em termos de qualidade de posicionamento os resultados foram favoráveis, pois estão dentro do que é declarado pelo fornecedor do serviço de correção pela Banda L e pelos padrões de qualidade da Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Também, a correção em tempo real, através da Banda L, pode ser utilizada quando o padrão de qualidade planimétrico, no levantamento cadastral, seja na ordem de centímetros.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da empresa AgroData Soluções Inteligentes pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

Referências

ADAVI, Z.; WEBER, R. Evaluation of Virtual Reference Station Constraints for GNSS Tropospheric Tomography in Austria Region. **Advances in Geosciences**, v. 50, p. 39-48, 2019.

ALKAN, R. M.; EROL, S.; OZULU, I. M.; VELI, I. Accuracy comparison of post-processed PPP and real-time absolute positioning techniques. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v. 11, n. 1, p. 178–190, 1 jan. 2020.

ALVEZ, C. M. C.; ROMÃO, V.; MONICO, J. F. G.; GARNES, S. J. A. G. Avaliação da qualidade do posicionamento por Ponto Preciso na sua forma online. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3., 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFPE.

ANANTAKARN, K.; WITCHAYANGKON, B. Accuracy assessment of L-band Atlas GNSS system in Thailand. **International Transaction Journal of Engineering Management & Applied Sciences & Technologies**, v. 10, n. 1, p. 91-98, 2019.

CAMARGO, E. B.; ROSALEN, D. L. Posicionamento GNSS por ponto preciso para fins de georreferenciamento de imóveis rurais. **Regent**. 2018, vol.3, n.1, pp. 1-15. ISSN 2447-8415.

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. **Adjustment computations: Spatial data analysis**. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 4 ed., 2006. 611 p.

GOMES, A. **Avaliação da qualidade posicional de um sensor GNSS de dupla frequência presente em um smartphone sob diferentes cenários e métodos de posicionamento**. 2019. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

GUMILAR, I.; BRAMANTO, B.; SIDIQ, T. P.; POERBANDONO; MULYADL, B. Assessment of Different Real Time Precise Point Positioning Correction Over the Sea Area. **KnE Engineering**, p. 115–123-115–123, 2019.

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais: aplicada à Lei 10.267**. 3. ed. Brasília: 2013a.

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual técnico de posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais**. Brasília: 2013b. 33 p.

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual técnico de limites e confrontações: georreferenciamento de imóveis rurais**. Brasília: 2013c. 24 p. 4 p.

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Livro Branco da Grilagem de Terras**, INCRA, Brasília: INCRA, 2009. 110 p.

KORB, M.; HUANG, Q.; STOCKEL, P.; KAPPEN, G. C.; WEBER, B.; GARCIA, M. A Cellular-Modem-Hosted Low-Cost Single-Shot Dual-Mode Assisted-GNSS Receiver for the Internet of Things. 2020 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS). **Anais...** In: 2020 IEEE/ION POSITION, LOCATION AND NAVIGATION SYMPOSIUM (PLANS). Portland, OR, USA: IEEE, abr. 2020

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2008. 476p.

PINTO, R. C. S.; ROSALEN, D. L.; ZERBATO, C. Mapeamento de glebas de terra utilizando-se posicionamento GNSS por ponto simples e software freeware In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 45., 2016, Florianópolis. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2016.

ROSALEN, D. L. Influence of distance, geometry and number stations of local geodetic networks for purpose of georeferencing of rural properties. **Engenharia Agrícola**. 2014a, vol.34, n.2, pp. 311-321. ISSN 1809-4430.

ROSALEN, D. L. The impact of the law 10,267/2001 in the brazilian rural registration. **Engenharia Agrícola**. 2014b, vol.34, n.2, pp. 372-384.

ROSALEN, D. L.; AMAZONAS, D. M. Mapeamento com aeronave remotamente pilotada de navegação precisa em tempo real. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 27., 2019, Santos. **Anais...** Santos: INPE. 2018.

ROSALEN, D. L.; MUNHOZ, J. V. C.; MARDEGAN, C. O georreferenciamento de imóveis rurais no município de Jaboticabal-SP. **Revista Ciência em Extensão**, v. 8, p. 42-55, 2012.

ROSALEN, D. L.; SILVA, G.; COVRE, R.; MORAIS, L. Uso de smartphones, aplicativos e correção via internet em tempo real. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA - 2019, 19., 2019, São Carlos. **Caminhos da Agricultura 4.0 e seus impactos futuros**. São Carlos: SiAgro, 2019. p. 1-5.

PESYNA JR, K. M.; HEATH JR, R. W.; HUMPHREYS, T. E. Centimeter positioning with a smartphone-quality GNSS antenna. In: Radionavigation Laboratory **Conference Proceedings**. 2014.

WANG, L.; GROVES, P. D.; ZIEBART, M. K. Smartphone shadow matching for better cross-street GNSS positioning in urban environments. **The Journal of Navigation**, v. 68, n. 3, p. 411-433, 2015.