



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL
CURSO DE AGRONOMIA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE RECEPTORES DE POSICIONAMENTO POR
SATÉLITE PARA LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO DE IMÓVEIS RURAIS**

JOÃO PEDRO CHAVES DA SILVA RODRIGUES

AREIA - PB

2017

**ANÁLISE COMPARATIVA DE RECEPTORES DE POSICIONAMENTO POR
SATÉLITE PARA LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO DE IMÓVEIS RURAIS**

JOÃO PEDRO CHAVES DA SILVA RODRIGUES

**ANÁLISE COMPARATIVA DE RECEPTORES DE POSICIONAMENTO POR
SATÉLITE PARA LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO DE IMÓVEIS RURAIS**

Trabalho de graduação apresentado ao curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Guttemberg da Silva Silvino

AREIA – PB
Fevereiro / 2017

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.*

R696a *Rodrigues, João Pedro Chaves da Silva.*

Análise comparativa de receptores de posicionamento por satélite para levantamento planimétrico de imóveis rurais / João Pedro Chaves da Silva Rodrigues. - Areia: UFPB/CCA, 2017.

xii, 45 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientador: Guttemberg da Silva Silvino.

1. Georreferenciamento – Imóveis rurais 2. Levantamento planimétrico – Imóveis rurais 3. Agricultura de precisão I. Silvino, Guttemberg da Silva (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 528

JOÃO PEDRO CHAVES DA SILVA RODRIGUES

**ANÁLISE COMPARATIVA DE RECEPTORES DE POSICIONAMENTO POR
SATÉLITE PARA LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO DE IMÓVEIS RURAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APROVADO EM:

10/_fevereiro_/2017_

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Guttemberg da Silva Silvino - Orientador
UFPB/CCA



Prof. Dr. Carlos Lamarque Guimarães
IFPB



Msc, Ricardo da Cunha Correia Lima
INSA

AREIA – PB
Fevereiro / 2017

DEDICATÓRIA

A JESUS e a NOSSA SENHORA por serem base de minha vida e de meus conhecimentos, e por sempre estarem derramando graças e bençãos em minha vida.

Aos meus pais JOSE VANILDO RIBEIRO DA SILVA RODRIGUES e ROSIANE CHAVES DA SILVA RODRIGUES, por terem me concedido todo o amor, dedicação e apoio incondicional para que eu pudesse realizar meus sonhos.

Ao meu irmão JOSE LUCAS DA SILVA RODRIGUES, por estar sempre ajudando e me apoiando em todos os momentos.

A minha namorada DANIELA LETÍCIA GOMES MARINHO a qual tenho um enorme amor, admiração e carinho.

Aos meus avós paternos Vanildo Rodrigues e Enilda Ribeiro Rodrigues (*in memoriam*), e meus avós maternos Pedro Moreira e Gilsa Pereira Chaves da Silva.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente por me acompanhar me dar forças e guiar-me sobre esse caminho tão longo mais tão prazeroso.

A minha mãe e ao meu pai, por terem paciência e me ensinado a ser tudo que sou hoje, a meu irmão pelo belo apoio moral.

A meus familiares, por estarem sempre por perto nos momentos de alegria e mesmo de tristeza, me apoiando, e me incentivando a nunca desistir.

A meu orientador o professor Guttemberg da Silva Silvino pela paciência e ajuda na construção desse trabalho.

Ao Instituto Nacional do Semiárido por ter contribuído para que minha pesquisa fosse realizada.

A Ticiano por toda paciência conosco, sempre presente e nos ajudando em tudo que precisarmos.

A instituição UFPB pela bagagem de conhecimento que levarei por toda minha vida, aos docentes que fizeram seu papel como educador, aos funcionários do RU, a qual sou grato eternamente pelas refeições durante esses cinco anos de convívio, ao meu amigo Erivaldo Guedes um agradecimento pela amizade e companheirismo durante toda a graduação, aos ilustres amigos que dividi esses anos apartamento, José Gomes, Victor Hugo, Ronaldo Gomes e Eduardo Marinho. Aos meus amigos da minha cidade que estudam no CCA Marcelino e Rodolfo e os que já terminaram Arthur Marinho e Rodolfo César.

Aos meus eternos amigos da turma Agronomia 2011.2.

Sumário

LISTA DE SIGLAS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE EQUAÇÕES	X
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Geral	2
2.2. Específicos	2
3. REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1. Histórico de localização	3
3.2. Sistema de Navegação por Satélite (GNSS)	4
3.3. Conceito de GNSS	4
3.3.1. GPS.....	5
3.3.2. GLONASS	6
3.3.3. Comparação com o sistema NAVSTAR/GPS	7
3.3.4. GALILEO.....	8
3.3.5. COMPASS	9
3.4. Receptores de posicionamento por satélite	10
3.4.1. Sinais emitidos pelos satélites GPS	11
3.4.2. Receptor de posicionamento do satélite na agricultura.....	12
3.5. Georreferenciamento de imóveis rurais	12
3.6. Sistema geodésico brasileiro - SGB	13
3.6.1. Rede brasileira de monitoramento contínuo – RBMC	14
3.6.2. Datum geográfico.....	15

3.6.2.1.	Caracterização do sirgas 2000.....	15
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1.	Caracterização da área de estudo	17
4.2.	Equipamentos utilizados no Levantamento.....	18
4.2.1.1.	Especificações dos Equipamentos.....	18
4.2.1.2.	Software de pós processamento e tratamento dos dados.....	19
4.3.	Obtenção dos dados.....	20
4.4.	Execução dos serviços de escritório.....	25
4.4.1.	Descrição geral dos trabalhos.....	25
4.4.2.	Transporte de coordenadas.....	25
4.4.2.1.	Processamento dos pontos definidores do perímetro	25
4.4.3.	Georreferenciamento da área de estudo.	26
4.4.4.	Descrição dos serviços executados	26
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
6.	CONCLUSÃO	38
7.	REFERÊNCIAS	39
ANEXO I.	44
ANEXO II.	45

LISTA DE SIGLAS

CCA – Centro De Ciências Agrárias;

Dod - DEPARTMENT OF DEFENSE;

RTK - REAL TIME KINEMATIC;

GPS - Global Positioning System;

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística;

INCRA – Instituto Nacional De Colonização E Reforma Agrária;

INSA – Instituto Nacional Do Semiárido;

PDOP - Positioning Dilution Of Precision;

RBMC - Rede Brasileira De Monitoramento Contínuo;

SGB – Sistema Geodésico Brasileiro;

UFPB – Universidade Federal Da Paraíba;

UTM - Universal Transverse Mercator;

WGS 84 - World Geographic System 1984;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Constelação De Satélites GPS.

Figura 2 - Poligonal Delimitada Com GPS Trimble R4 L1L2, Da Área De Estudo.

Figura 3 - Base Instalada Com RTK.

Figura 4 - Conjunto Trimble R3.

Figura 5 - Controladora Utilizada No GPS Trimble R3.

Figura 6 - Controladora Utilizada No GPS Trimble R4.

Figura 7 - Controladora Utilizada No RTK.

Figura 8 - GPS Garmin 60CSx sem antena externa.

Figura 9 - Software Trimble Business Center

Figura 10 - Representação gráfica da área levantada Trimble R4 L1L2.

Figura 11 - Representação gráfica da área levantada Trimble R4 L1L2 RTK.

Figura 12 - Representação gráfica da área levantada Trimble R3 L1.

Figura 13 - Representação gráfica da área levantada com GARMIN 60CSx sem antena externa.

Figura 14 - Representação gráfica das áreas levantadas com diferentes receptores.

Figura 15 - Representação gráfica da diferença da área obtida por cada receptor tomando o L1L2 como referência.

Figura 17 - Dispersão média dos equipamentos.

Figura 18 - Dispersão dos receptores Trimble R3 (L1) e Trimble R4 (L1L2).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação técnica entre os sistemas.

Tabela 2 – Lista de todos os pontos coletados.

Tabela 3 – valores das áreas obtidos com QGIS 2.18. O equipamento L1L2 foi tomado

Tabela 4 – valores do perímetro calculado com QGIS 2.18. O equipamento L1L2 foi tomado com referência.

Tabela 5. Diferença media entre os pontos de posicionamento e deslocamento total.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – deslocamento das coordenadas.

RODRIGUES, João Pedro Chaves da Silva. **ANÁLISE COMPARATIVA DE RECEPTORES DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITE PARA LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO DE IMÓVEIS RURAIS**. Areia – PB, 2016. 57p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

Com a necessidade crescente de se realizar levantamentos com alta precisão\acurácia para se adequarem as normas para georreferenciamento de imóveis rurais, mesmo assim, levantamentos são realizados com uso de equipamentos inadequados, levando a erros de posicionamento e dimensionamento de áreas e perímetros. Este trabalho pretende esclarecer tal fato, realizando uma análise comparativa entre as coordenadas obtidas nos receptores de navegação e geodésicos. Utilizou-se na pesquisa os seguintes equipamentos, Trimble R4, Trimble R4 RTK Trimble R3, Garmin 60CSx. Foram coletados 24 pontos de vértices de uma área na fazenda experimental do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, onde a partir das informações obtidas foram gerados os mapas Planimétricos, utilizando um software de um Sistema de Informação Geográfica - SIG. Os resultados obtidos mostram que existe distorção nos levantamentos realizados, uma vez que os dados coletados por um receptor GPS Garmin 60 CSx apresentou diferenças de 1,34% na área obtida em relação aos receptores geodésicos, os quais apresentaram-se confiáveis para os trabalhos na agricultura de precisão provando sua alta precisão\acurácia.

Palavras-chave: georreferenciamento de imóveis rurais, acurácia, agricultura de precisão.

RODRIGUES, João Pedro Chaves da Silva. **COMPARATIVE ANALYSIS OF POSITIONING RECEPTORS BY SATELLITE FOR PLANIMÉTRIC SURVEY OF RURAL BUILDINGS**. Areia - PB, 2016. 57p. Course Completion Work (Graduation in Agronomy) - Federal University of Paraíba.

ABSTRACT

With the increasing need to carry out surveys with high accuracy to comply with the norms for geo-referencing rural properties, however, surveys are carried out with the use of inadequate equipment, leading to errors in positioning and dimensioning of areas and perimeters. This work intends to clarify this fact, performing a comparative analysis between the coordinates obtained for navigation receivers and geodesics. The following equipment was used in the research, Trimble R4, Trimble R4 RTK Trimble R3, Garmin 60CSx. A total of 24 points of vertices were collected from an area on the experimental farm of the National Institute of the Semi-Arid - INSA, where the Planimetric maps were generated from the information obtained using a Geographic Information System (GIS) software. The results obtained show that there is distortion in the surveys performed, since the data collected by a Garmin 60 CSx GPS receiver presented differences of 1.34% in the area obtained in relation to the geodetic receivers, which were reliable for the works in the Precision agriculture proving its high accuracy.

Keywords: Georeferencing of rural properties, precision, precision agriculture.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico a partir da década de 1960, ocorreu a liberação do sistema de posicionamento global norte-americano para uso civil, com seu pleno funcionamento a partir de 1993 em virtude da popularização dos receptores de sinal de GPS de navegação. Contudo, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos - DoD, idealizador e operador da tecnologia, introduziam propositalmente erros de posicionamento na ordem de 100 e 140 metros.

De acordo com Tragueta e Cardoso (2009), somente nos anos 2000 foi que o Departamento de Defesa dos Estados Unidos desabilitou o sistema, retirando com isso os erros propositalmente impostos que degradava seu sinal.

O sistema de posicionamento por satélite Norte Americano, no início do século XXI, constituía-se de 24 satélites, dos quais 21 eram para uso corrente e três permaneciam em “stand-by”. Atualmente, são 31 satélites que orbitam a uma altura de 20.200 km em seis órbitas distintas, igualmente espaçadas de 55 graus, com quatro satélites em órbita. Os sinais são emitidos nas frequências de 1.575,42 Mhz e 1.227,60 Mhz denominadas de L1 e L2, respectivamente, com dois códigos diferentes: o Y (Precision Code) e o C/A (Coarse Acquisition Code). Assim, o sistema teoricamente permite uma visão de cinco a oito satélites em qualquer lugar do globo terrestre (STABILE, 2006).

Segundo Volpato et al. (2008), os receptores podem ser classificados de acordo com a precisão oferecida pelo equipamento como: receptores geodésicos, topográficos e de navegação. De acordo com o mesmo autor, os receptores geodésicos são mais acurados, com precisão de milímetros, capazes de captar duas frequências emitidas pelos satélites (L1 e L2); já os receptores topográficos tem características de trabalho semelhantes ao anterior, porém somente captam a frequência L1 e possuem precisão em centímetros; e os receptores de navegação, que embora possua menor precisão (de 5 a 10 metros), tem como vantagens o baixo preço de aquisição e maior facilidade de operação.

Tendo em vista a grande ascensão dos sistemas de navegação por satélite (GNSS - Global Navigation Satellite System), busca-se comparar o desempenho de diferentes receptores do Sistema de Navegação Global por Satélite no levantamento e mapeamento planimétrico com diferentes métodos de posicionamento e processamento.

No segmento agrícola, a utilização do receptores por satélite tem sido feita em uma ampla gama de atividades, tais como: mapeamento cadastral; mapeamento topográfico; amostragem de solo; demarcações; georreferenciamento de imagens aéreas e orbitais; auxílio

na implementação e manutenção de bancos de dados para Sistemas de Informações Geográficas (SIG); localização de infestações de pragas e ervas daninhas; mapeamento de produtividade; localização de equipamentos de aplicação de insumos a taxas variáveis, entre outras.(CAPPELLI et al, 2006).

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo avaliar e comparar o desempenho de diferentes receptores do Sistema de Navegação Global por Satélite no levantamento e mapeamento altimétrico, com diferentes métodos de posicionamento e processamento.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Realizar análise comparativa entre as coordenadas de vértices de uma área da Fazenda Experimental do INSA, obtidas a partir de diferentes tipos de receptores do satélite, como ferramenta de apoio ao Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

2.2. Específicos

- Levantar e coletar dados com diferentes tipos de receptores
- Tabular e realizar consistência dos resultados
- Realizar análise comparativa dos dados coletados
- Gerar mapas, a partir do SIG.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Histórico de localização

Os egípcios, os gregos, os árabes e os romanos nos legaram, instrumentos e processos que, embora primitivos, serviram para descrever, delimitar e avaliar propriedades rurais (DOMINGUES, 1979).

Os corpos celestes foram utilizados como fonte de orientação, com destaque à utilização da bússola, inventada pelos chineses que durante muito tempo foi considerada um dos maiores inventos do homem dentro da área da navegação sobre a superfície terrestre (SANTOS et al, 2016).

Contudo, somente nos últimos séculos as técnicas de localização tiveram uma orientação analítica passando do empirismo às bases de uma autêntica ciência, graças aos desenvolvimentos notáveis que tiveram a matemática e a física (FERREIRA, 1986).

Os aperfeiçoamentos tecnológicos da mecânica de precisão e da ótica introduzidos nos instrumentos topográficos contribuíram eficientemente para o progresso crescente da precisão dos trabalhos topográficos, tendo-se ainda o surgimento da fotogrametria terrestre e aérea, esta última dominando hoje em dia a maioria dos grandes levantamentos topográficos (RODRIGUES, 2003).

Segundo o autor supracitado, nos últimos quinze anos a topografia convencional e a análise espacial de dados sofreram profundas modificações, basicamente marcadas pelo advento da informática possibilitando o uso generalizado de 8 sistemas computacionais para desenho, consultas, armazenamento e ligações de dados espaciais.

Atualmente é uma fácil tarefa atribuir localização exata a um corpo ou local no globo terrestre devido à tecnologia desenvolvida, através de um receptor GPS, mas isso nem sempre foi assim, esse foi um dos grandes problemas que o ser humano encontrou e procurou solucionar durante séculos. Este homem se interessava em saber onde estava, e para onde ia se deslocar (MONICO, 2008).

Com o desenvolvimento do comércio e da navegação marítima, o posicionamento se tornou um grande desafio, já que o homem precisava de instrumentos para navegação, objetivando sucesso em suas expedições. Por muito tempo o ser humano desenvolveu formas matemáticas de se guiar, através dos astros, o sol, os planetas e as estrelas. Entretanto, existiam fatores que influenciavam na exatidão das informações geradas por estes métodos, entre eles a

experiência do navegador e as condições climáticas do local poderiam representar o sucesso e o fracasso de uma expedição marítima (DOTORI & NEGRAES 1997).

Embora hoje a localização espacial seja uma tarefa relativamente simples para o usuário de posicionamento por satélite, ela foi um dos primeiros problemas científicos que o ser humano procurou solucionar. Conquistar novas fronteiras, com deslocamento seguro exigia o domínio sobre a arte de navegar, saber ir e voltar de um local a outro, com conhecimento de seu posicionamento, durante todo o trajeto, tanto na terra como no mar ou no ar (ROQUE et al, 2006).

Nesse contexto entra em cena os receptores de posicionamento por satélite, que é na atualidade o instrumento mais eficiente para a coleta de informações espacializadas pontuais, lineares e poligonais. É a tarefa conhecida como georreferenciamento (ROQUE et al, 2006).

3.2. Sistema de Navegação por Satélite (GNSS)

Os Sistema de navegação por satélite ("sat-nav") são sistemas que estabelecem o posicionamento geo-espacial autônomo através do uso de satélites artificiais. Estes sistemas permitem que receptores sobre a superfície terrestre possam determinar a sua localização em comparação com os sinais dos satélites, adquirindo sua posição em um sistema de referência espacial conveniente.

A precisão da localização será dada conforme o tipo de técnica de posicionamento utilizada. Quando um sistema de navegação por satélite possui a capacidade de oferecer posicionamento em qualquer ponto da superfície terrestre, adota-se a nomenclatura de Sistema de Navegação Global por Satélite (*Global Navigation Satellite System - GNSS*).

Inicialmente os *nav-sat* foram desenvolvidos para fins militares. Posteriormente, as necessidades de posicionamento para uso civil nos diversos segmentos como agricultura de precisão, sistemas de transportes e afins levaram ao surgimento de aplicações específicas neste sentido

3.3. Conceito de GNSS

O termo GNSS foi utilizado pela primeira vez em 1991 pela Associação Internacional de Aviação Civil (International Civil Aviation Organization - ICAO) para designar os sistemas de posicionamento por satélites artificiais com cobertura mundial. Considera-se que para obter cobertura global, uma constelação de satélites deve possuir um mínimo de 24 satélites posicionados de forma a que um determinado receptor sobre a superfície terrestre possa ter um

mínimo de quatro satélites no horizonte para serem detectados. Três satélites são suficientes para determinar as coordenadas do receptor, enquanto o quarto satélite é utilizado para sincronizar o tempo.

Até a presente data, apenas dois sistemas GNSS são considerados plenamente operacionais e com alcance global: o sistema estadunidense Navstar GPS e o sistema russo GLONASS. Outros sistemas GNSS em desenvolvimento incluem o sistema europeu Galileo e o sistema chinês Compass.

É importante salientar que os sistemas GPS, GLONASS e Compass não possuem garantias de operação e são utilizados "tal como está". Isto significa que o sinal dos sistemas pode ser bloqueado ou degradado conforme a necessidade política-militar dos países que os mantêm. Este problema levou ao surgimento de técnicas de combinação de sinal entre múltiplos sistemas GNSS (de modo que se uma constelação possui ruído no sinal, outra constelação ainda garanta o posicionamento) e propostas de sistemas de navegação para uso civil (como Galileo) que possuam garantias de operação.

3.3.1. GPS

Segundo Leick (1990), Vettorazzi et al (1994), o GPS é um sistema de posicionamento baseado nos dados fornecidos por satélites operados pelo Departamento de Defesa (DoD) dos E.U.A. Os satélites em operação fornecem informações sobre posição e horário 24 horas ao dia, a qualquer tempo e a nível mundial.

Para Rodrigues (2003), o sistema GPS pode ser aplicado para gerar posicionamento em tempo-real e fornecer precisões suficientes para os mais diversos usos, utilizando-se de receptores adequados em cada uso. É um sistema economicamente competitivo na maioria dos casos. Estas características permitem vislumbrar o alto potencial desta tecnologia e as ilimitadas possibilidades de aplicações na Geodésia, na navegação e nos mais diferentes tipos de áreas, como por exemplo: levantamento de controle; levantamento de cadastro; geodinâmica; monitoramento de obras de engenharia (barragens, pontes, edifícios, etc.), navegação de precisão; fotogrametria; sistemas de informação geográfica (SIG); geodésia marinha e glacial.

Segundo Coelho (2003), o sistema é constituído por 24 satélites NAVSTAR (FIGURA 1) em operação, orbitando a Terra e passando em um dado ponto a cada 12 horas a altitude de cerca de 12.600 milhas náuticas (20.200 km). Quatro órbitas são percorridas pelos satélites em cada um dos seis planos inclinados 55° ao equador. Na altitude em que se encontram os satélites sofrem pouca resistência atmosférica e sua órbita é muito estável.



FIGURA 1: Constelação de satélites GPS

Fonte: <http://www.garmin.com/aboutGPS>

Os satélites são constantemente monitorados pelo DoD. Cada satélite contém vários relógios atômicos de alta precisão e constantemente transmite sinais de rádio usando seu próprio código de identificação. O DoD tem quatro estações monitoras com base na Terra, três estações de transferência, e uma estação de controle central. As estações monitoras rastreiam os satélites continuamente e fornecem dados para a estação de controle central. A estação de controle central calcula os caminhos dos satélites e coeficientes de correção do relógio e envia-os para uma estação de transferência. As estações de transferência transmitem os dados para cada satélite pelo menos uma vez por dia (HURN, 1989).

O Sistema de Posicionamento Global, otimizou os trabalhos de engenharia, garantindo rapidez e precisão em diversos setores produtivos. O primeiro usuário de tecnologia GPS na agricultura brasileira foi à aviação agrícola, a partir de 1995, na fertilização das lavouras (MOLIN, 1998).

Existem muitos outros casos de aplicação uso dos receptores de posicionamento do satélite no setor agrícola, a exemplo os serviços de agrimensura, na realização de levantamentos topográficos. Com o uso correto de aparelhos para fins específicos, que permitem coleta de dados para cadastramentos diversos e posteriormente sua utilização em banco de dados (FIGUEIRÊDO, 2005).

3.3.2. GLONASS

O sistema GLONASS (Global Navigation Satellite System) é um sistema desenvolvido para uso militar assim com o sistema GPS sendo este desenvolvido pela ex União Soviética.

Diferente do sistema GPS que se popularizou rapidamente e teve seu pleno funcionamento em 1993, o sistema GLONASS ainda não está em pleno funcionamento.

A constelação do GLONASS, quando estiver totalmente implantada, terá 24 satélites dispostos em três planos orbitais. Cada plano orbital terá 8 satélites em órbita quase circular, com altura de aproximadamente 19.000 km e inclinação de 64,8 graus em relação ao equador.

O segmento de controle do GLONASS é composto por cinco estações terrestres, distribuídas em território pertencente à antiga União Soviética, localizadas em Moscou (Estação Principal), St. Petersburg, Ternopol, Eniseisk e Komsomolsk-na-Amure. (Lago, Ferreira, e Krueger 2002).

Características do sistema

O sistema GLONASS é estruturado em três segmentos: espacial, usuário e controle.

O segmento espacial é composto pela constelação de satélites dispostos distribuídos em três planos orbitais em Média Órbita Terrestre.

O segmento de usuário define todos os receptores na superfície terrestre que permitem rastrear os satélites GLONASS. Considera-se que, para receber um posicionamento adequado, um receptor deve receber o sinal de quatro satélites: três para obter as coordenadas da posição e o quarto para determinar o tempo.

O segmento de controle define as estações terrestres que controlam e monitoram os satélites GLONASS, corrigindo suas órbitas e relógios. O segmento de controle do GLONASS está diretamente subordinada à Força Espacial Russa.

O sistema de tempo no GLONASS é baseado em uma escala atômica, não contínua, orientada ao horário padrão da cidade de Moscou, Rússia. As efemérides são transmitidas no sistema de referência PZ-90. Soluções que demandem a combinação de GLONASS com sistemas como GPS demandam que sejam realizadas transformações pertinentes entre PZ-90 e outros sistemas de referência, tais como o WGS84 (utilizado pelo GPS)

3.3.3. Comparação com o sistema NAVSTAR/GPS

Diversos estudos científicos foram efetuados pela comunidade internacional para avaliar a eficácia do posicionamento GLONASS em comparação com o posicionamento obtido via GPS. Pelas características dos sistemas, considera-se que GPS possui melhor alcance global do que o GLONASS, ainda que a diferença de precisão do posicionamento para ambos sistemas

não seja relevante para a maior parte das necessidades em que não se requeira alto grau de precisão (como posicionamento veicular).

As principais vantagens, no entanto, apresentadas pela literatura englobam principalmente a utilização de posicionamento que combine os sistemas GLONASS e GPS com o intuito de melhorar a geometria (PDOP) da recepção dos sinais, aumentar a oferta de satélites que possam ser rastreados e minimizar a possibilidade de bloqueio dos sinais dos satélites em cenários como desfiladeiros urbanos

Atualmente é o único sistema GNSS que pode ser completamente utilizado com o sistema americano NAVSTAR\GPS (Vaz et al 2013). A tabela XXX a seguir mostra as principais diferenças técnicas entre os sistemas.

	GLONASS	GPS
Número de satélites	24	24
Número de planos orbitais	3	6
Inclinação dos planos orbitais	64,8°	55°
Semi-eixo maior da órbita	25510 km	26560 km
Frequência fundamental (f_0)	5,11 MHz	10,23 MHz
Técnica de separação do sinal	FDMA	CDMA
Frequência portadoras (MHz)		
L1	de 1602,0 a 1615,5	1575,42
L2	de 1246,0 a 1256,5	1227,60
Frequência códigos (MHz)		
C/A	0,511	1,023
P	5,110	10,23
Efemérides transmitidas Pelos satélites	Coordenadas Cartesianas Geocêntricas e suas derivadas	Elementos Orbitais Keplerianos e seus fatores de Perturbação
Tempo de referência	UTC (SU)	UTC (USNO)
Sistema de referência	PZ-90	WGS-84 *

(Fonte: Adaptado de LANGLEY, 1997)

Tabela 1. Comparação técnica entre os sistemas.

3.3.4. GALILEO

Galileo é o sistema de navegação por satélite da União Europeia. Concebido desde o início como um projecto civil, em oposição ao GPS americano, ao GLONASS russo e ao Compass chinês que são de origem militar, tendo várias vantagens: maior precisão (ainda a ser confirmado em testes reais), maior segurança (possibilidade de transmitir e confirmar pedidos de ajuda em caso emergência) e menos sujeito a problemas (o sistema tem a capacidade de testar a sua integridade automaticamente).

Além disso, o sistema será interoperável com os outros dois sistemas já existentes, permitindo uma maior cobertura de satélites. Prevê-se que o programa Galileo venha ampliar a geodécisão em milhares de organizações que passarão a privilegiar o sistema de navegação e incluir nos seus modelos de negócio.

Quando o sistema global de navegação estiver plenamente operacional, em 2020, contará com 30 satélites distribuídos em três planos orbitais a 23.222 quilómetros de altitude.

Quando estiver funcionando o sistema terá dois centros de controle, um próximo de Munique na Alemanha e outro em Fucino na Itália. Um investimento adicional de 2.200 milhões euros será usado para tornar o projeto totalmente operacional, usando os 30 satélites.

Os primeiros sinais Galileo foram transmitidos no dia 12 de Janeiro de 2006 pelo satélite GIOVE-A que tinha sido colocado em órbita a 28 de Dezembro de 2005.

O segundo satélite experimental GIOVE-B, foi lançado a 27 de Abril de 2008 por um foguetão Soyuz, da base de Baikonur, Cazaquistão.

O lançamento da quarta dupla de satélites ocorreu em março de 2015 na gare espacial de Kurú, na Guiana francesa, através de foguete russo Soyuz, o mesmo tipo que falhou no dia 22 na hora de colocar na órbita correta os dois anteriores satélites, pelo que foi submetido a comprovações e modificações.

Em 17 de novembro de 2016, a ESA colocou em órbita 4 novos satélites do sistema Galileo e aumenta assim para 18 a sua cobertura.

Em 2017 e 2018 estão previstos mais dois voos do Ariane 5 que colocarão em órbita os satélites que faltam na constelação Galileo.

3.3.5. COMPASS

Compass ou Beidou-2 é o sistema chinês de posicionamento global por satélite.

A China está implementando o seu próprio sistema global de navegação por satélites, similar ao GPS norte-americano e ao GLONASS russo; contará com 35 satélites: cinco geoestacionários e trinta em órbita média. Os chineses também participam do sistema de posicionamento global Galileo em parceria com a União Europeia.

O primeiro sistema BeiDou, oficialmente chamado (tradução) de Sistema Experimental de Navegação por Satélite BeiDou, ou conhecido como BeiDou-1, é composto por 3 satélites e

tem cobertura e aplicações limitadas. Tem oferecido serviços de navegação, principalmente para clientes na China e de regiões vizinhas, desde 2000.

A segunda geração do sistema, conhecido como Compass ou BeiDou-2, que será um sistema de navegação global por satélite consistindo de 35 satélites, está ainda em construção. Tornou-se operacional, com cobertura da China, em Dezembro de 2011, com 10 satélites. É planejado para oferecer importantes serviços a clientes do leste asiático em 2012 e o sistema global deve ser concluído até 2020.

3.4. Receptores de posicionamento por satélite

Os receptores calculam posições a cada segundo e fornecem posições que vão de -1 a 5 metros com processamento de correção diferencial. Os receptores variam em tamanho, peso, número de posições que armazenam e número de canais que usam para rastrear satélites (MANUAL DE OPERAÇÃO, 1997). Ainda segundo o Manual de Operação (1997), ao atravessar ou permanecer fisicamente em um lugar, o receptor recebe sinais dos satélites GPS e então computa uma posição. As computações da posição são visualizadas como coordenadas no visor do coletor de dados.

Roque et al (2006) classifica os receptores GPS quanto ao tipo de dados recebidos da seguinte forma:

- Receptores de Código C/A – mais comumente chamados de receptores de navegação, possuem precisão de posicionamento da ordem de 18 m;
- Receptores L1 – utilizados em georreferenciamento para determinação das coordenadas dos vértices das propriedades e, através de técnicas específicas, transporte de coordenadas; possui precisão absoluta da ordem de 18 m, e, quando utilizado em método relativo, sua precisão pode chegar na ordem do centímetro;
- Receptores L1 e Código C/A – mesma aplicação que os equipamentos anteriores;
- Receptores L1 e L2 – São mais precisos, por utilizarem o sinal das duas portadoras, e, conforme o tempo de rastreamento podem chegar a precisões da ordem do milímetro.

Utilizados em georreferenciamento principalmente para transporte de coordenadas;

- Receptores L1 e L2 mais o código C/A;

- Receptores L1 e L2 mais os códigos C/A e P – utilizados por usuários autorizados, possibilitam a determinação absoluta de coordenadas precisas.

Receptores de código C/A têm precisão que pode variar de menos de um metro a 5 metros com correção diferencial. Receptores que utilizam o código C/A são mais recomendados para trabalhos em ambiente hostil para coleta de dados, como no caso de estar sob árvores (SEEBER, 1993).

Em geral, os receptores GPS consistem dos mesmos conjuntos de funções, mesmo que suas implementações sejam distintas em diferentes tipos e marcas de receptores (TAYLOR e FRANCIS, 2002).

De acordo com HOFMANN-WELLENHOF(1994, apud RODRIGUES, 2006), para que se tenha um bom resultado durante a coleta dos dados, deve haver ao menos quatro satélites visíveis para calcular uma posição 3D (latitude, longitude e altitude). Para posições 2D, são necessários três satélites visíveis (latitude, longitude). Quando se coleta posições 3D é desejável ter cinco ou mais satélites visíveis. Quando cinco ou mais satélites estão disponíveis, o receptor GPS pode usá-los todos para calcular matematicamente uma solução melhor. Estes satélites extras também servem como reforços para assegurar que as posições 3D também possam ser coletadas se a antena carece de boa visibilidade.

3.4.1. Sinais emitidos pelos satélites GPS

Os sinais por meio dos quais os satélites GPS se comunicam com seus usuários são todos gerados a partir da frequência de 10,23 MHz. Estes sinais são modulados sobre portadoras, para que possam ser enviados pelos satélites (ROQUE et al, 2006).

Segundo Gemael & Andrade (2004), duas portadoras são utilizadas para permitir a compensação, de primeira ordem, do efeito da refração ionosférica. Essas portadoras têm as suas frequências geradas a partir da frequência fundamental, da seguinte forma:

L1 com frequência $w_1 = 154 \times 10,23 = 1575,42$ MHz

L2 com frequência $w_2 = 120 \times 10,23 = 1227,60$ MHz,

Que correspondem aos comprimentos de onda:

$\lambda_1 = 19,05$ cm e

$\lambda_2 = 24,45$ cm.

Os sinais L1 e L2 transmitidos para o usuário contêm informações sobre:

a) as efemérides do satélite;

- b) as correções do relógio do satélite;
- c) parâmetros atmosféricos;
- d) parâmetros orbitais de todos os satélites (almanaque);
- e) outros dados relevantes sobre o sistema em geral.

3.4.2. Receptor de posicionamento do satélite na agricultura

A utilização de receptores de posicionamento por satélite na agricultura possibilita uma abordagem localizada dos problemas dentro da propriedade rural. O alto custo de aquisição e uso dessas ferramentas tem detido um pleno avanço da Agricultura de Precisão no Brasil. Para que se possa usar um GPS para fins de Agricultura de Precisão, é necessário que esse tenha acurácia de, no mínimo, 2 m, sendo essa suficiente para a maioria das aplicações; em algumas aplicações agrícolas, pode ser necessária acurácia maior. A grande variabilidade de solos e condições num mesmo talhão da fazenda é tratada diferentemente e, para tanto, é necessário que o receptor de posicionamento por satélite produza dados confiáveis e consistentes (BALASTREIRE, 2001).

A agricultura de precisão (AP), resumidamente consiste em melhorar a produtividade das culturas por meio do gerenciamento diferenciado das parcelas da lavoura, os receptores são utilizados em todas as etapas: no georreferenciamento das parcelas, por exemplo, no posicionamento das amostras de solo; no registro da produtividade de grãos no momento da colheita; na determinação do local correto de aplicação de corretivos e fertilizantes (FIGUEIRÊDO, 2005).

3.5. Georreferenciamento de imóveis rurais

Georreferenciar uma imagem ou mapa é tornar suas coordenadas conhecidas num dado sistema de referência. Este processo inicia-se com a obtenção das coordenadas (pertencentes ao sistema no qual se planeja georreferenciar) de pontos da imagem ou do mapa a serem georreferenciados, conhecidos como Pontos de Controle (EPUSP, 2006).

O chamado georreferenciamento consiste na obrigatoriedade da descrição do imóvel rural, em seus limites, características e confrontações, através de memorial descritivo firmado por profissional habilitado, com a devida ART, contendo as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais, georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro

e com precisão posicional fixada pelo INCRA (art. 176, § 4º, da lei 6.015/75, com redação dada pela Lei 10.267/01) (SILVEIRA, 2006).

Todos os imóveis rurais do país - assim definidos como os que não foram declarados urbanos pela autoridade municipal - sejam eles públicos ou privados devem ser georreferenciados. O Decreto 4.449/02, alterado pelo decreto 5.570/05 definiu um cronograma de enquadramento descrito a seguir: a) após noventa dias da publicação do Decreto, para os imóveis com área acima de cinco mil hectares, ou seja, desde 29 de janeiro de 2003; b) após um ano, para imóveis com área entre cinco mil e mil hectares, ou seja, desde 1º de novembro de 2003; c) cinco anos, para os imóveis com área de quinhentos a menos de mil hectares, a partir de 21/11/2008, conforme previsto na nova redação dada pelo Decreto 5.570, de 31 de outubro de 2005 e; d) oito anos, para imóveis com área inferior a quinhentos hectares, a partir de 21/11/2011, conforme previsto na nova redação dada pelo decreto 5.570, de 31 de outubro de 2005 (TEIXEIRA, 2006).

3.6. Sistema geodésico brasileiro - SGB

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é definido pelo conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país. Ou seja, é o sistema ao qual estão referidas todas as informações espaciais no Brasil (Brasil, 1983).

Na década de 70, eram observados os satélites do Sistema TRANSIT. Em fins da década de 80, o IBGE, através do seu Departamento de Geodésia, criou o projeto GPS com o intuito de estabelecer metodologias que possibilitassem o uso pleno da tecnologia do Sistema NAVSTAR/GPS, que se apresentava como uma evolução dos métodos de posicionamento geodésico até então usados, mostrando-se amplamente superior nos quesitos rapidez e economia de recursos humanos e financeiros (IBGE).

A Lei 10.267/01 determina que as propriedades rurais devem estar georreferenciadas ao SGB, sendo que o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, estabeleceu norma técnica com esta finalidade. As atividades geodésicas têm experimentado uma verdadeira revolução com o advento do Sistema de Posicionamento Global (GPS). A capacidade que este sistema possui de permitir a determinação de posições, estáticas ou cinemáticas, aliando rapidez e precisão muito superiores aos métodos clássicos de levantamento, provocou a necessidade de revisão das características do SGB. Tanto que em

1996, deu-se início a operacionalização da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, que implantou o conceito de rede ativa, através do monitoramento contínuo de satélites do GPS (Pereira & Augusto, 2004).

3.6.1. Rede brasileira de monitoramento contínuo – RBMC

As estações da RBMC são materializadas através de pinos de centragem forçada, especialmente projetados, e cravados em pilares estáveis. A maioria dos receptores da rede possui a capacidade de rastrear satélites GPS e GLONASS, enquanto alguns rastreiam apenas GPS. Esses receptores coletam e armazenam continuamente as observações do código e da fase das ondas portadoras transmitidos pelos satélites das constelações GPS ou GLONASS.

Cada estação possui um receptor e antena geodésica, conexão de Internet e fornecimento constante de energia elétrica que possibilita a operação contínua da estação.

Pereira et al. (2003), afirmaram que a RBMC tem por objetivo construir uma infraestrutura geodésica de referência para posicionamentos utilizando-se as modernas técnicas apoiadas no GPS, facilitando assim o emprego do sistema pelo usuário e, ao mesmo tempo, garantindo a qualidade dos resultados obtidos. Cabe destacar que a RBMC é também a principal ligação com os sistemas de referências globais.

As estações da RBMC desempenham justamente o papel do ponto de coordenadas conhecidas, eliminando a necessidade de que o usuário imobilize um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso. Além disso, os receptores que equipam as estações da RBMC são de alto desempenho, proporcionando observações de grande qualidade e confiabilidade.

A utilização da tecnologia GPS (Global Positioning System) provocou uma verdadeira revolução, nesta última década, nas atividades de navegação e posicionamento. Os trabalhos geodésicos e topográficos passaram a ser realizados de forma mais rápida, precisa e econômica. Tais vantagens vêm melhorando cada vez mais, na medida em que os equipamentos, os métodos de observação e as técnicas de processamento evoluem. É nesse contexto que se insere a RBMC.

Nas aplicações geodésicas e topográficas do GPS está implícita a utilização do método relativo, isto é, ao menos uma estação de coordenadas conhecidas é também ocupada simultaneamente à ocupação dos pontos desejados. Antes da RBMC, o usuário interessado em obter, com GPS, as coordenadas geodésicas de um ponto qualquer em território nacional era

obrigado a trabalhar com dois receptores, ocupando o ponto de seu interesse e um marco do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) próximo.

As estações da RBMC desempenham justamente o papel do ponto de coordenadas conhecidas, eliminando a necessidade de que o usuário ocupe um receptor em um ponto base que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso. Além disso, os receptores que equipam as estações da RBMC são de alto desempenho, proporcionando observações de grande qualidade e confiabilidade.

3.6.2. Datum geográfico

O IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em sua Resolução do Presidente **R.PR – 1/2005**, datada de 25/02/2005, que altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro (Competência: Artigo 24 do Estatuto aprovado pelo Decreto nr. 4.740, de 13 de junho de 2003), revoga as disposições em contrário, em especial a Seção 2.1 do Capítulo I da **R.PR nr. 22**, de 21/07/1983.

Com o advento dos sistemas globais de navegação (i.e. posicionamento) por satélites (GNSS – *Global Navigation Satellite Systems*), tornou-se necessário a adoção de um novo sistema de referência, geocêntrico, compatível com a precisão dos métodos de posicionamento correspondentes e também com os sistemas adotados no restante do globo terrestre.

Com esta finalidade, fica estabelecido como novo sistema de referência geodésico para o SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (**SIRGAS**), em sua realização do ano de 2000 (**SIRGAS2000**). Para o SGB, o **SIRGAS2000** poderá ser utilizado em concomitância com o sistema SAD 69. A coexistência entre estes sistemas tem por finalidade oferecer à sociedade um período de transição antes da adoção do SIRGAS2000 em caráter exclusivo, sendo que dentro deste prazo, os usuários deverão adequar e ajustar suas bases de dados, métodos e procedimentos ao novo sistema.

3.6.2.1. Caracterização do sirgas 2000

Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional – ITRS (*International Terrestrial Reference System*).

Figura geométrica para a Terra:

Elipsóide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (*Geodetic Reference System 1980 – GRS80*) Semi-eixo maior : $a = 6.378.137$ metros Achatamento : $f = 1/298,257222101$

Origem: Centro de massa da Terra.

Orientação: Pólos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com as direções definidas pelo *BIH (Bureau International de l'Heure)*, em 1984,0.

Estações de Referência: As 21 estações da rede continental SIRGAS2000, estabelecidas no Brasil, constituem a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Campina Grande Estado da Paraíba, na fazenda Experimental do Instituto Nacional do Semiárido – INSA (Figura 2), tendo sua posição central definida pelas coordenadas, Sistema UTM 172.428,256 m (E) e 9.194.586,868 m (N) adotado como Datum o WGS 84 Zona 25S.

No interior da fazenda foi utilizada uma área previamente cercada, a qual é utilizada para o pastejo de animais bovinos e caprinos. Nessa área foram utilizados 24 pontos, sendo coletadas suas respectivas coordenadas.

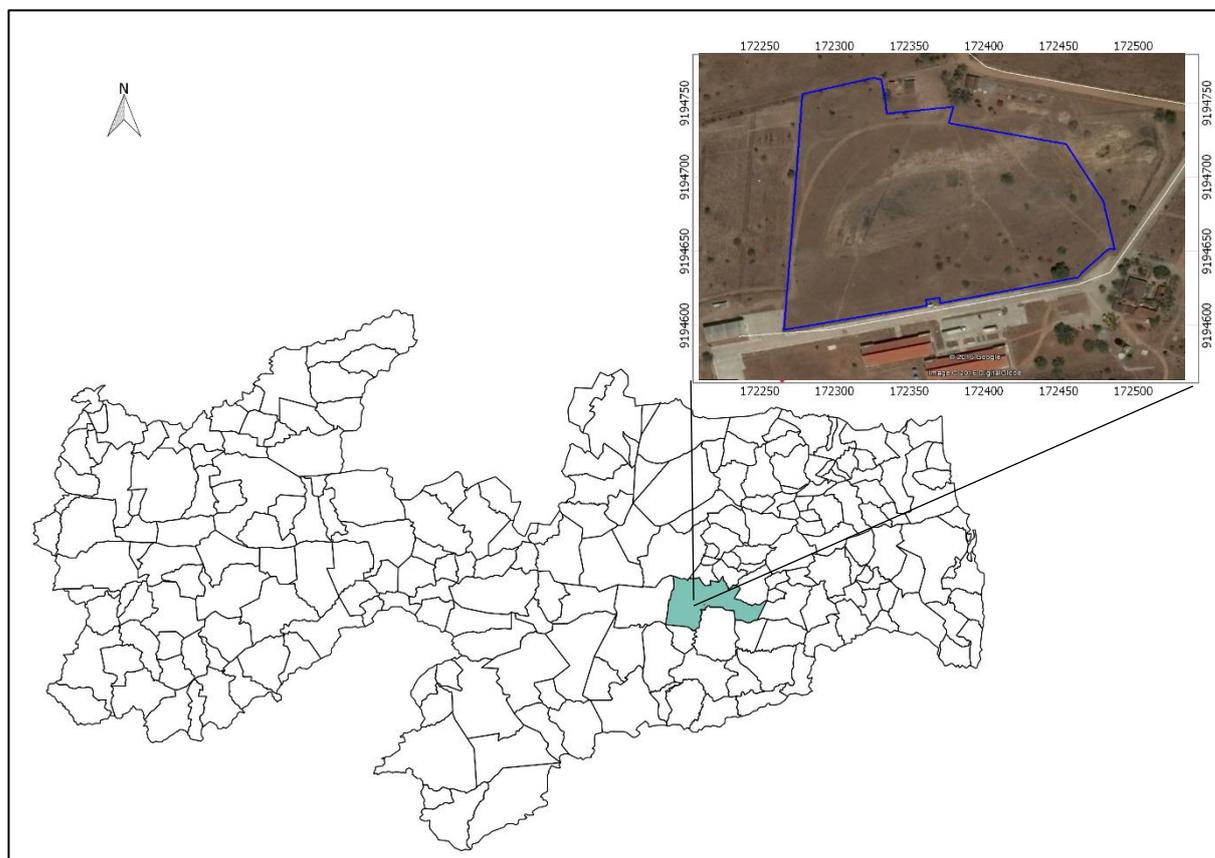


Figura 2. Localização Geográfica da área de estudo.

Para a montagem dos equipamentos GNSS foram utilizados diversos acessórios, para auxiliar seu funcionamento corretamente, utilizou-se de: Bipé, Tripé, baliza, baterias, base

nivelante e antenas de rádio. Foram utilizados quatro equipamentos sendo três receptores geodésicos e um receptor de navegação.

No local foi implantado um ponto de base denominado BASEINSA, onde a este ponto foi corrigido utilizando-se os dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) dos Sistemas GNSS, cuja correção foi realizada utilizando os dados da base de Campina Grande denominada PBCG, que está localizada na laje superior do bloco CM pertencente a coordenação de Engenharia. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) - Rua Aprígio Veloso, 882 Bairro Bodocongó, e nas seguintes coordenadas, sistema UTM 178.917,587 m (E) e 9.201.606,165 m (N) 25S a 534,100 m do nível do mar.

4.2. Equipamentos utilizados no Levantamento

Foram utilizados para o levantamento e georreferenciamento do perímetro do cercado, receptores GNSS marca Trimble modelo R3 (L1) e R4, L1 / L2 + RTK de 72 canais, além de um receptor Garmin 60 CSx.

4.2.1.1. Especificações dos Equipamentos

Receptor **Trimble GNSS Modelo R4 L1/L2**, integrado (receptor, antena, bateria e carregador) para levantamentos estáticos e cinemáticos, com 72 canais paralelos e nova tecnologia R-Track para rastreamento dos sinais L1/CA e L2 com suporte para WASS e EGNOS, GLONASS L1/CA e L2. Tecnologia de transmissão de dados sem fio, Bluetooth™, integrada. Precisão (com portadora) horizontal de 3mm + 0,1 ppm RMS e vertical de 3,5mm + 0,4 ppm. Em levantamentos cinemáticos, 10mm + 1 ppm na horizontal e 20mm + 1 ppm na vertical. Precisão com código de 0,25m + 1 ppm na horizontal e 0,50m + 1ppm na vertical. Taxa de atualização de 1, 2,5 e 10 Hz selecionável pelo usuário. Fator de proteção IP67 (suporta submersão a até 1m de profundidade) e temperatura de operação de -40° à +65°C. Memória interna de 11MB, com capacidade para armazenamento de 302h de dados (rastreamento 6 satélites em média e com taxa de gravação de 15s). Autonomia de mais de 10 horas (2baterias). Peso incluindo bateria de apenas 1,35 Kg.

Receptor **TRIMBLE Modelo R3**, com 12 canais para recepção de L1, C/A, EGNOS e WASS, à prova d'água, categoria IP67, resistente a vibração e queda de até 1m, precisão horizontal de 5mm + 0,5ppm para levantamentos estáticos e estáticos rápidos e precisão de

10mm + 1ppm para levantamentos cinemáticos, com bateria interna para mais de 8 horas, com porta para alimentação externa, porta serial e USB com taxa de 1MB/s, slot padrão CompactFlash e conexão para antena externa. Memória interna de 64MB com capacidade para armazenar 900 horas de dados a taxa de 15s com 6 satélites.

O **GPSMAP 60CSx** conta com tela de 256 cores, cartão de memória microSD e tem um receptor de alta sensibilidade, para conseguir-se um bom sinal até na mais fechada das matas em um dia de tempestade. Ainda conta com tabela de marés, pode-se adicionar POIs (Pontos de Interesse) e armazenar até 1.000 waypoints favoritos. Inclui um altímetro barométrico e uma bússola eletrônica, é à prova d'água, receber sinais de satélite mais rápido e em um terreno mais inóspito. O gps é alimentado por 2 pilhas AA.

4.2.1.2. Software de pós processamento e tratamento dos dados.

O software de pós-processamento possui um único módulo para transferência de dados, processamento dos dados levantados, ajustamento de rede, mapeamento topográfico e controle de qualidade dos dados GPS (RTK e pós processado). O software foi desenvolvido para ambiente Windows 95, 98, XP e NT e funciona sem a necessidade de uso de hardlock ou qualquer outro dispositivo físico que tenha que ser conectado ao PC.

O software tem as seguintes capacidades:

- Gerenciamento de projetos
- Importação de dados coletados em levantamentos RTK e com instrumentos ópticos convencionais (estações totais e níveis digitais)
- Trabalhar com múltiplos sistemas de coordenadas e datum, incluindo criação de novos sistemas
- Importação e exportação de dados no formato RINEX
- Processamento de linhas de base GPS
- Ajustamento de redes geodésicas
- Processamento de dados obtidos com instrumentos ópticos dos principais fabricantes
- Processamento e edição de feições
- Trabalhar com atributos GIS e exportar os dados para os principais softwares de GIS disponíveis no mercado
- Controle de qualidade dos dados levantados

- Apresentação dos relatórios em formato HTML
- Importação de DTM - Modelo Digital do Terreno (Grid ou TIN)

Todos os projetos criados deverão ser baseados em modelos, contendo ajustes pré-definidos e até mesmo outros dados, como por exemplo pontos de controle. Permite que outros modelos sejam criados, e que os já existentes sejam modificados. O software utiliza a estrutura de base de dados MDB, capaz de ser gerenciada pelo Microsoft Access e é capaz de pós-processar dados GPS das portadoras L1 e L2 (ciclo completo), e código C/A na L1.

O software utilizado possui os seguintes recursos relacionados aos Sistemas de Coordenadas:

- Calibração de um local utilizando informações provenientes do GPS, com até 80 pontos. A calibração poderá ser executada tanto no campo, através do uso do coletor de dados, como no escritório, através do software de pós processamento.
- Deverá trabalhar com diferentes modelos geoidais, pré-definidos ou criados na calibração
- Possibilidade de suprimir algumas observações para melhorar o resultado final do processamento
- Possibilidade de apresentar as observações como um vetor, para reduzir o número de linhas no relatório.

4.3. Obtenção dos dados

Na primeira etapa foi realizada a instalação do GNSS L1\L2 para o transporte da base a qual teve seu tempo de rastreamento de 02 horas 47 minutos e 15 segundos, realizando seu processamento no dia seguinte, obtivemos os dados mostrados no anexo I.

A segunda etapa do trabalho teve início com a instalação da base juntamente com o rádio de comunicação do RTK. A base foi colocada a 1,941m a partir do ressaltado amarelo do equipamento, conforme demonstração na Figura 3. O GPS utilizado é da marca Trimble modelo R4, juntamente com rádio modelo Trimble HPB450.

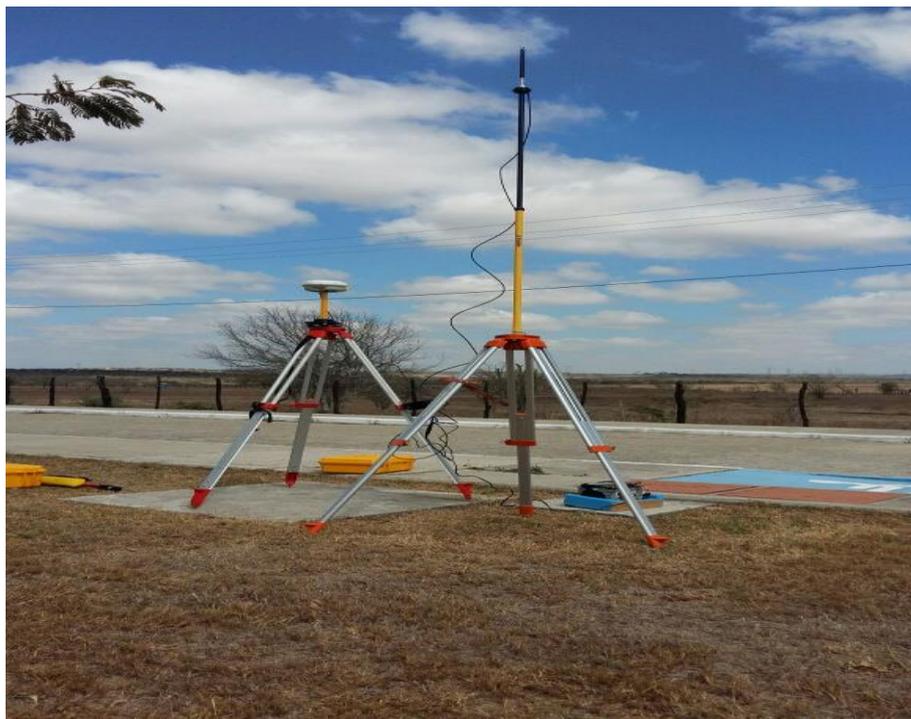


Figura 3 – Base instalada com receptor R4 L1/L2 RTK.

Após o término do trabalho foi utilizado o software Trimble – Data Transfer, para transferência dos dados para o computador.

O segundo equipamento utilizado foi o GPS TRIMBLE R3, sendo configurado para coletar os dados em intervalos de 5 segundos, e altura de 2,45m partindo da base de montagem da antena (Figura 4). Assim colocado em um bipe para fixar o PDOP, este processo levou 20 minutos.



Figura 4 – Conjunto receptor Trimble R3 L1.

As coordenadas e a altitude elipsoidal de cada vértice, obtidos com o receptor GNSS geodésico L1 (Figura 5) foram corrigidas efetuando o pós-processamento, com base nas informações da estação base, utilizando o programa Trimble Business Center™.(TBC).



Figura 5 – Controladora utilizada no receptor Trimble R3.

O terceiro equipamento utilizado no trabalho foi o GPS TRIMBLE R4 L1 L2 (Figura 6), o qual teve a controladora conectada através do sistema de conectividade bluetooth, configurado para coletar dados a cada 5 segundos e altura de 2,45m e foi esperado 8 minutos para fixar o PDOP (Figura 7). Com o termino do trabalho, foram transferidos as coordenadas e a altitude elipsoidal de cada vértice, obtidos com o receptor GNSS geodésico L1 L2, foram corrigidas efetuando o pós-processamento, com base nas informações da estação base, utilizando o programa Trimble Business Center™.(TBC).



Figura 6 - Controladora utilizada no recepto Trimble R4 L1\L2.



Figura 7 - Controladora utilizada no RTK.

O quarto modelo de equipamento utilizado foi TRIMBLE R4 L1 L2 RTK, configurado para coletar dados a cada 5 segundos sendo instalado a 2,00 m de altura, toda configuração foi através de sua controladora conectada também por ligação bluetooth e com o acréscimo da antena do rádio. O sistema RTK (Real Time Kinematic) possibilita ao operador visualizar o erro instantâneo na tela da controladora. Após o termino do levantamento foi utilizado o software TBC para transferências dos dados coletados para o computador.

O GPS Garmin 60 CSx (Figura 8) sem antena externa, foi posicionado igualmente aos equipamentos geodésicos nos 24 vértices, o tempo de rastreo do Garmin 60CSx foi de 5segundos utilizando a função média, assim coletando os pontos, terminado o levantamento foi utilizado o software TrackMaker, versão 13.9 para realizar a transferências dos dados.



Figura 8 - GPS Garmin 60 CSx sem antena externa.

Em todos os tratamentos, os receptores operaram com base no Datum geocêntrico World Geodetic System (WGS-84) obtendo coordenadas geográficas e depois convertidas no próprio Programa de pós- processamento para coordenadas planas.

A partir das informações obtidas nos vértices da propriedade por cada receptor de navegação e geodésico, foram calculadas as respectivas áreas e perímetros, com uso do programa QGIS versão 2.18. Assim realizou-se a comparação das áreas entres os receptores geodésicos e de navegação.

Todos os dados foram tabulados no Programa Microsoft Excel 2013, calculando a diferença de área encontrada, o perímetro e o deslocamento dos pontos.

4.4. Execução dos serviços de escritório

4.4.1. Descrição geral dos trabalhos

Os trabalhos de escritório foram executados utilizando-se todos os recursos de informática (computadores e softwares).

4.4.2. Transporte de coordenadas

As coordenadas do vértice BASEINSA, foram obtidas com correção através da **RBMC** - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS. Para isto a foi instalado o Trimble R4 L1\2 em modo estático, após o termino do tempo estipulado o equipamento é guardado para no dia seguinte ser realizada a correção das coordenadas com os dados fornecidos pela RBMC.

4.4.2.1. Processamento dos pontos definidores do perímetro

O Processamento dos arquivos GPS dos vértices definidores do perímetro do imóvel, foi realizado a partir das coordenadas do marco BASEINSA, utilizando-se o software TBC – Trimble Business Center™. As precisões alcançadas foram sempre melhores que as estabelecidas na “Normas Técnicas Para Georreferenciamento de Imóveis Rurais”, elaboradas pelo INCRA.

Este processamento foi realizado pelas seguintes etapas:

a) Transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GPS para computador através de cabo de comunicação (USB). O Software utilizado para realizar esta atividade foi o TBC - Trimble Business Center™ (Figura 9)



Figura 9 – Software Trimble Business Center

- b) Importação dos arquivos brutos usando o software TBC.
- c) Introdução das coordenadas do marco BASE-M-001 em SIRGAS2000.
- d) Processamento dos vetores usando a configuração:
- e) Ajustamento.
- f) Listagem de relatórios e exportação de coordenadas

4.4.3. Georreferenciamento da área de estudo.

O Georreferenciamento da fazenda experimental do INSA, foi realizado a partir da Estação de Referência PBCG, pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, homologadas pelo IBGE, o anexo II mostra os dados da base PBCG:

4.4.4. Descrição dos serviços executados

1- Transporte de coordenadas para o marco BASEINSA, a partir da BASE de Campina Grande – PB citada acima e homologada pelo IBGE, utilizando método estático, horizonte acima de 15°, obedecendo a tempo de permanência recomendado nas Normas Técnicas Para Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

2 – Rastreamento dos pontos nos vértices definidores do perímetro do imóvel pelo método estático, a partir do marco BASEINSA; em períodos de gravação em que o valor de PDOP

estava abaixo de 5, horizonte acima de 15°, obedecendo tempo de permanência recomendado nas Normas Técnicas Para Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

3 – Processamento e ajustamento de arquivos GPS.

4 – Cálculos de poligonais, irradiações, elaboração e conferência de peças técnicas (plantas, memoriais descritivos e relatório técnico).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a transferência das coordenadas e realizado as devidas correções com o software TBC foi realizado a tabulação de todos os dados, resultando em uma tabela com as informações de coordenadas dos vértices.

A tabela 2, mostra os valores de longitude, latitude em UTM dos vértices coletados com os receptores geodésicos e navegação.

Tabela 2 – Lista dos pontos coletados.

GPS Trimble R3 L1				GPS Trimble R4 L1 / L2			
ID	Longitude	Latitude	Elevação (Metro)	ID	Longitude	Latitude	Elevação (Metro)
v1	172.486,775	9.194.611,918	478,489	v1	172.486,756	9.194.611,938	478,439
v2	172.488,406	9.194.615,327	478,396	v2	172.488,416	9.194.615,322	478,353
v3	172.508,241	9.194.634,938	477,403	v3	172.508,233	9.194.634,928	477,401
v4	172.510,965	9.194.636,635	477,327	v4	172.510,942	9.194.636,638	477,316
v5	172.514,673	9.194.635,713	477,511	v5	172.514,686	9.194.635,719	477,493
v6	172.505,815	9.194.677,493	474,744	v6	172.505,801	9.194.677,491	474,724
v7	172.476,331	9.194.726,460	475,072	v7	172.476,697	9.194.726,702	473,707
v8	172.385,502	9.194.743,847	476,303	v8	172.385,514	9.194.743,817	476,284
v9	172.389,071	9.194.757,944	476,629	v9	172.389,048	9.194.757,936	476,610
v10	172.337,428	9.194.751,735	476,714	v10	172.337,440	9.194.751,718	476,697
v11	172.335,678	9.194.769,143	476,634	v11	172.335,734	9.194.769,102	476,614
v12	172.334,827	9.194.769,332	476,637	v12	172.334,840	9.194.769,350	476,648
v13	172.333,113	9.194.781,292	476,505	v13	172.333,140	9.194.781,285	476,504
v14	172.331,889	9.194.780,528	477,079	v14	172.331,626	9.194.781,004	476,619
v15	172.327,505	9.194.782,658	476,792	v15	172.327,500	9.194.782,644	476,813
v16	172.271,805	9.194.768,333	475,270	v16	172.271,803	9.194.768,318	475,279
v17	172.267,014	9.194.691,196	476,421	v17	172.267,014	9.194.691,188	476,407
v18	172.259,148	9.194.565,037	476,441	v18	172.259,160	9.194.565,075	476,418
v19	172.337,744	9.194.580,544	477,810	v19	172.337,725	9.194.580,572	477,785
v20	172.410,066	9.194.595,366	478,464	v20	172.410,035	9.194.595,358	478,447
v21	172.369,658	9.194.586,858	478,238	v21	172.369,639	9.194.586,846	478,207

v22	172.368,944	9.194.591,678	477,707	v22	172.368,901	9.194.591,668	477,689
v23	172.379,268	9.194.593,675	477,728	v23	172.379,257	9.194.593,704	477,705
v24	172.380,005	9.194.588,957	478,115	v24	172.380,014	9.194.588,953	478,091
GPS Trimble R4 L1 / L2 RTK				GPS Garmin 60 CSx			
ID	Longitude	Latitude	Elevação (Metros)	ID	Longitude	Latitude	Elevação (Metro)
v1	172.486,768	9.194.611,940	478,486	v1	172.485,58	9.194.614,60	509,86
v2	172.488,428	9.194.615,312	478,375	v2	172.487,64	9.194.617,69	507,22
v3	172.508,262	9.194.634,946	477,398	v3	172.510,14	9.194.637,89	502,41
v4	172.510,949	9.194.636,686	477,340	v4	172.512,21	9.194.641,17	502,65
v5	172.514,653	9.194.635,753	477,509	v5	172.514,90	9.194.637,26	498,09
v6	172.505,798	9.194.677,486	474,748	v6	172.505,30	9.194.676,16	489,67
v7	172.476,680	9.194.726,698	473,721	v7	172.479,90	9.194.728,88	493,76
v8	172.385,514	9.194.743,842	476,302	v8	172.386,74	9.194.744,55	498,57
v9	172.389,033	9.194.757,891	476,609	v9	172.387,75	9.194.763,22	502,89
v10	172.337,438	9.194.751,728	476,719	v10	172.339,69	9.194.758,00	498,33
v11	172.335,747	9.194.769,114	476,643	v11	172.335,64	9.194.772,54	502,41
v12	172.334,805	9.194.769,320	476,645	v12	172.333,10	9.194.773,85	494,24
v13	172.333,115	9.194.781,284	476,521	v13	172.334,31	9.194.784,22	488,23
v14	172.331,615	9.194.781,059	476,558	v14	172.331,57	9.194.784,15	487,03
v15	172.327,584	9.194.782,603	476,839	v15	172.325,73	9.194.784,84	488,95
v16	172.271,809	9.194.768,328	475,268	v16	172.278,20	9.194.768,99	491,60
v17	172.267,025	9.194.691,199	476,428	v17	172.268,84	9.194.692,88	494,72
v18	172.259,161	9.194.565,051	476,451	v18	172.264,81	9.194.562,98	500,25
v19	172.337,726	9.194.580,559	477,826	v19	172.339,98	9.194.584,56	482,46
v20	172.410,051	9.194.595,391	478,449	v20	172.413,86	9.194.598,14	494,48
v21	172.369,683	9.194.586,888	478,262	v21	172.373,34	9.194.587,87	492,80
v22	172.368,931	9.194.591,670	477,721	v22	172.371,15	9.194.593,98	496,16
v23	172.379,293	9.194.593,675	477,733	v23	172.379,49	9.194.595,56	501,21
v24	172.380,030	9.194.588,971	478,126	v24	172.380,29	9.194.588,28	500,01

Com o software Qgis os pontos de coordenadas foram ligados assim obteve-se os respectivos valores para a área de estudo.

A Tabela 3 mostra a relação das áreas calculadas em metros quadrados e em hectares, foi tomado o equipamento GNSS L1L2, como valores de referência.

Tabela 3 – Áreas obtidas a partir dos equipamentos utilizados

EQUIPAMENTO	ÁREA		DIFERENÇA m ²	DIFERENÇA %
	m ²	ha		
L1L2	37.560,49	3,756	-	-
L1	37.539,52	3,754	- 20,9739	0,05
L1L2 RTK	37.555,9	3,7556	- 4,5979	0,01
GARMIN 60CSX	37.055,99	3,7056	- 504,5029	1,34

O receptor Trimble R4 de dupla frequência L1L2 (figura 9) que foi considerado como referência e apresentou área de 3,756 hectares ou 37.560,59 metros quadrados e perímetro de 837,5074 metros como mostra a figura 10.

A utilização do receptor Trimble R4 de dupla frequência L1L2 teve como objetivo identificar todos os vértices da área de estudo marcando-os para a posterior utilização dos demais receptores, foram utilizadas as estacas da cerca já existente como marcos.

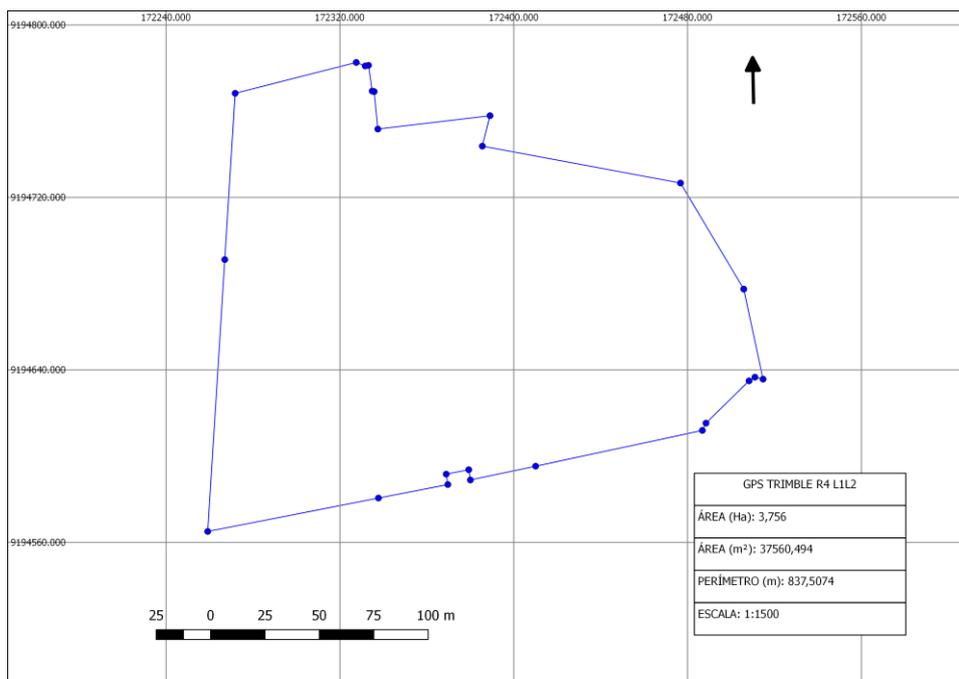


Figura 10 – Mapa Planimétrico – Equipamento Trimble R4 L1L2.

Observa que o equipamento L1L2 RTK modelo Trimble R4 (figura 11) foi quem mais se aproximou da área de referência obtendo uma área de 37.555,9 metros quadrados,

apresentando apenas 4,5979 metros quadrados a menos ou 0,01% de desvio da área de referência.

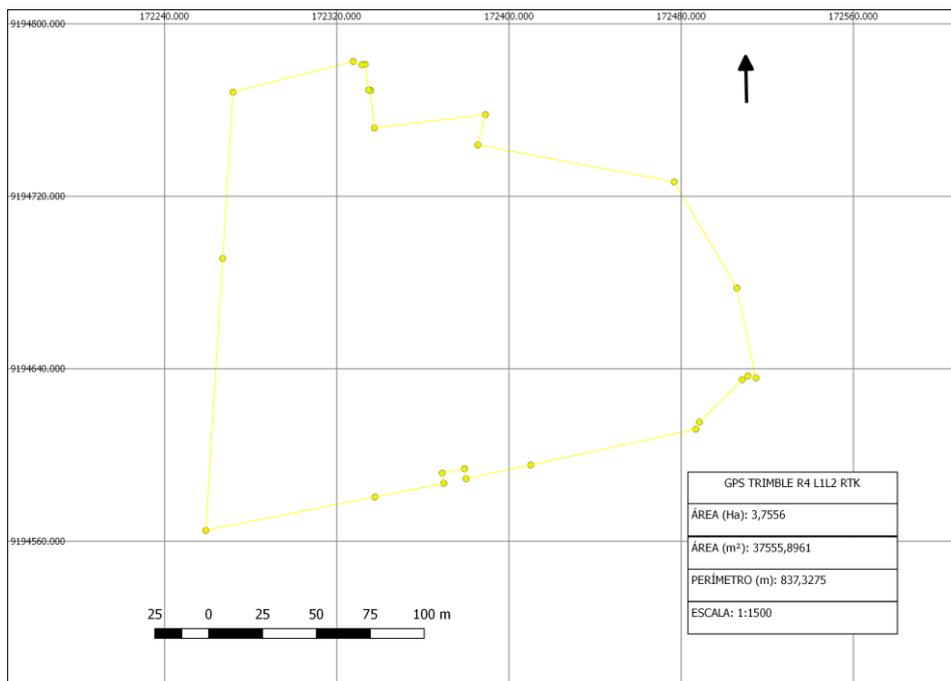


Figura 11 – Mapa Planimétrico – Equipamento Trimble R4 L1L2 RTK.

A segunda área mais próxima da referência também foi outro receptor GNSS, o Trimble R3 operando em L1 (figura 12) apresentou um desvio da área de referência de 20,9739 metros quadrados ou 0,05%.

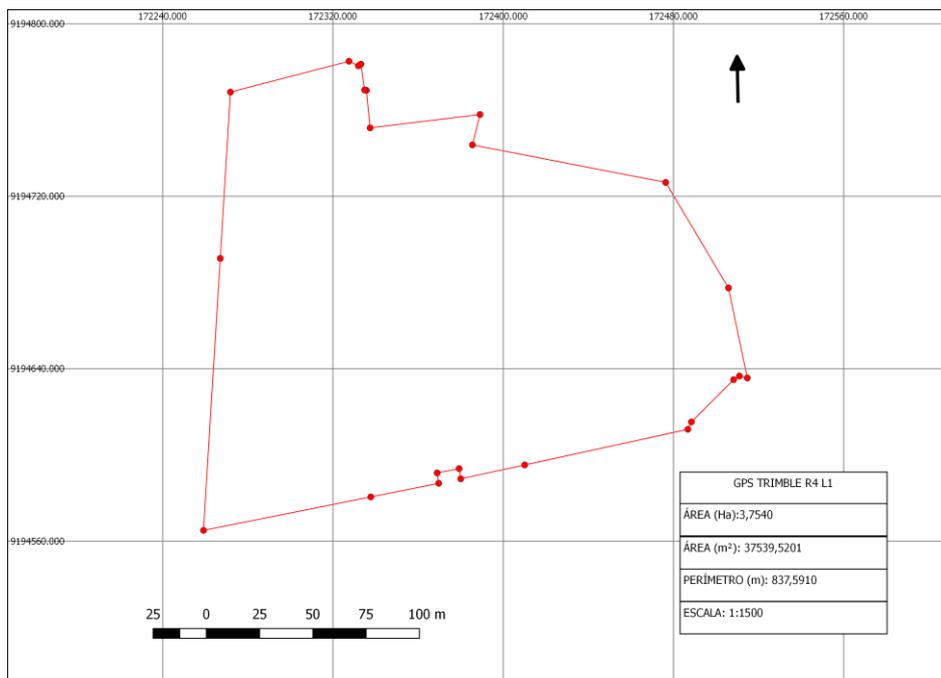


Figura 12 – Mapa Planimétrico – Equipamento utilizado Trimble R3 L1.

Como esperado o GPS de navegação modelo Garmin 60CSx sem antena externa apresentou o desvio mais elevado obtendo uma área de 37.055,99 metros quadrados (figura 13) e um desvio da área de referência de 504,5029 metros quadrados ou 1,34%, um valor considerável quando comparado a um lote urbano. Neste caso a utilização do receptor Garmin 60CSx em uma área dez vezes maior o erro poderia chegar a mais de 5000 metros quadrados.

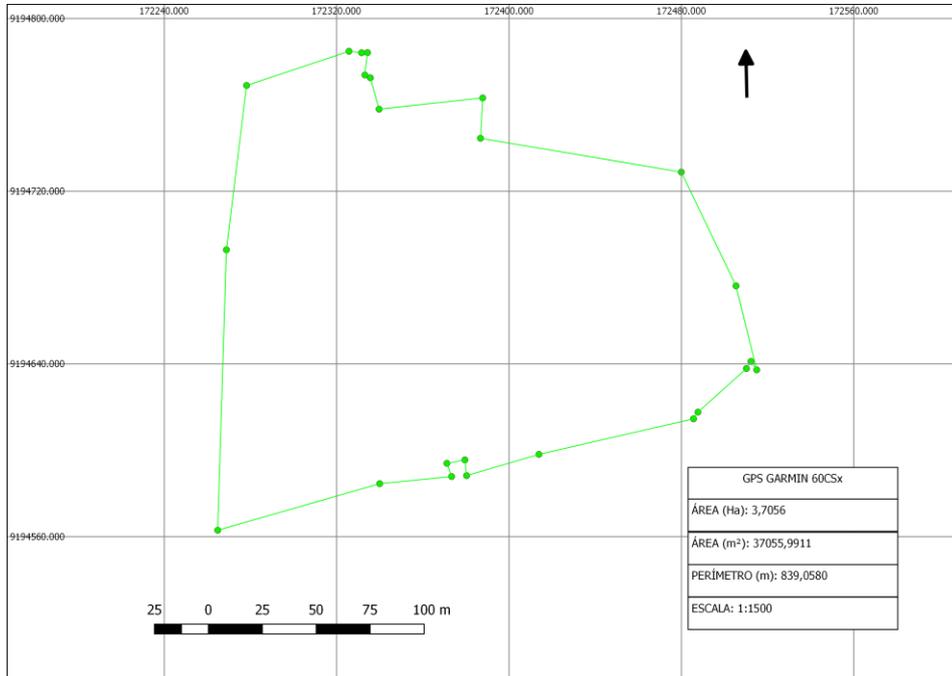


Figura 13– Mapa Planimétrico – Equipamento utilizado GARMIN 60CSx

As Figuras 14 e 15 mostram a os valores das áreas metros quadrados para os quatro equipamentos, bem como suas respectivas variações.

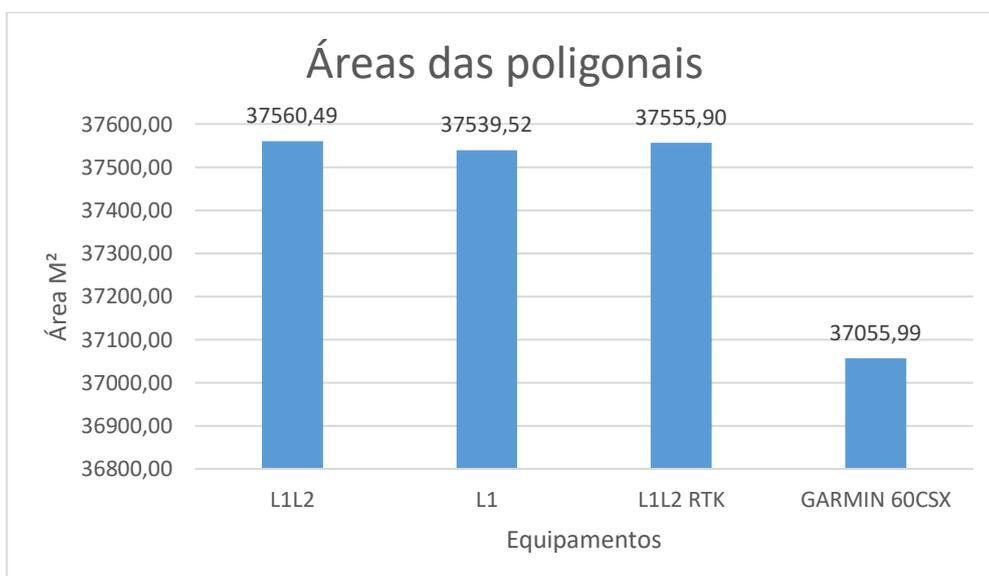


Figura 14 – Representação gráfica das áreas levantadas com diferentes receptores.

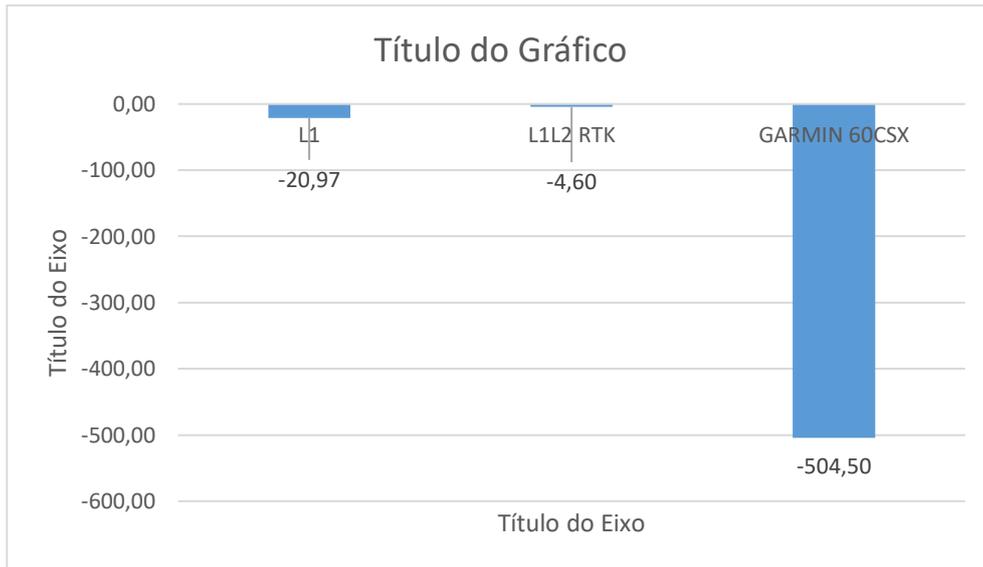


Figura 15 – Representação gráfica da diferença da área obtida por cada receptor tomando o L1L2 como referência.

Com o software Qgis os mapas foram sobrepostos para comparação do deslocamento dos vértices a figura 16. A qual mostrou que os receptores geodésicos ficam próximos, enquanto o receptor de navegação apresenta clara diferença nas feições do mapa.

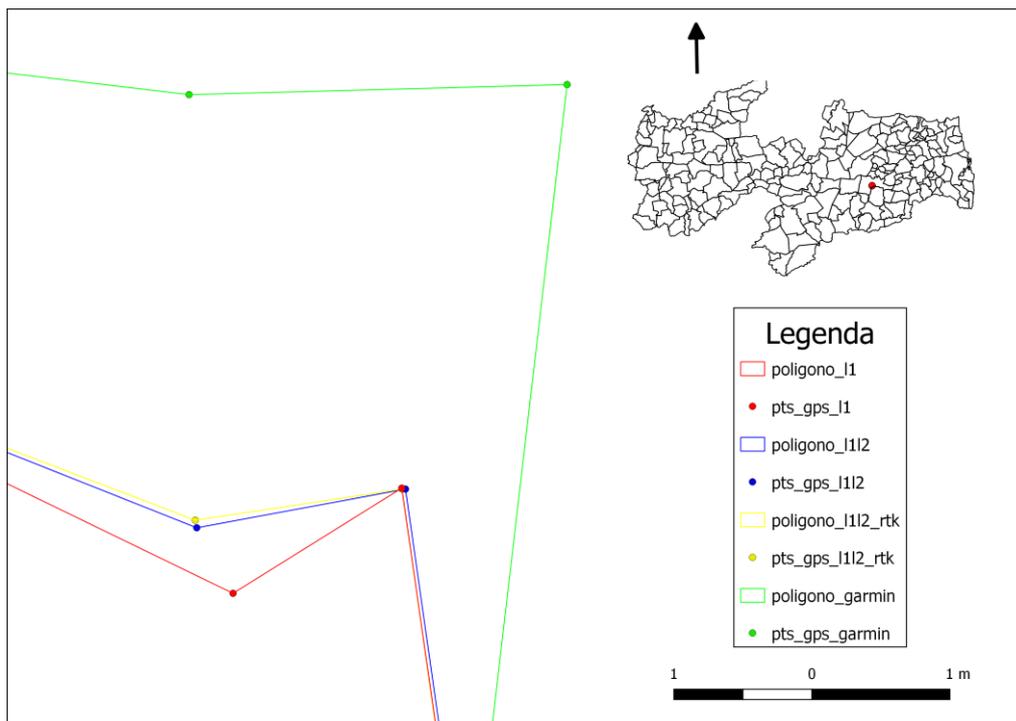


Figura 16 – Comparação entre as poligonais.

Avaliou-se também o perímetro das poligonais levantadas, novamente tomando como referência o GPS L1L2, os valores podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4 – valores do perímetro calculado com QGIS 2.18.

EQUIPAMENTO	PERIMETRO (M)	DIFERENÇA (m)
L1L2	837,507	-
L1	837,591	-0,084
L1L2 RTK	837,328	0,180
GARMIN 60CSX	839,058	-1,551

Observa-se que os valores ficaram muito próximos não ocorrendo uma variação significativa, para trabalhos que requeiram alta precisão, o GPS GARMIN 60 CSx sem antena externa deve ser excluído, pois apresentou 1,55 metros a mais que a medida de referência.

O deslocamento entre as coordenadas foi calculado a partir da Equação 1.

$$D = \sqrt{(X - X_n)^2 + (Y - Y_n)^2} \quad (1)$$

Onde:

D = Diferença entre as coordenadas de L1L2 e os demais receptores.

X = Valor da coordenada Ester (Longitude) do GPS L1L2.

X_n = Valor da coordenada Este (Longitude) obtida para os demais receptores.

Y = Valor da coordenada Norte (Latitude) do GPS L1L2

Y_n = Valor da coordenada Norte (Latitude) obtida para os demais receptores.

Foi calculada a diferença dos 24 vértices com a Equação 1 (apêndice A), como esperado os receptores de maior tecnologia obtiveram melhores resultados como mostra a tabela 5.

Tabela 5. Diferença media entre os pontos de posicionamento e deslocamento total.

EQUIPAMENTOS	DIFERENÇA MÉDIA DOS PONTOS		DESLOCAMENTO MÉDIO (m)
	Este	Norte	
L1L2	0	0	0
L1L2 RTK	-0,007	-0,005	0,009

L1	-0,002	-0,028	0,028
GARMIN 60CSX	-1,261	-2,291	2,615

Observa-se que, o maior deslocamento encontrado foi para o GPS Garmin 60 CSx sem antena externa, apresentando um deslocamento de 2,615 metros, tendo maior variação no eixo Y de -2,291 metros.

O receptor GARMIN 60CSX foi o que apresentou o par de coordenadas (x,y) que mais se distanciou da referência, com variação de -1,261 m e -2,291 m para Longitude e Latitude respectivamente. Portanto, com a mesma tendência de comportamento dados no trabalho de Braga (2010) e Fransson et al. (2005) os quais perceberam que os valores de latitude foram sempre maiores que os de longitude.

Os receptores geodésicos apresentaram resultados significativos mostrando-se muito precisos. O receptor de frequência L1 foi menos preciso que o de dupla frequência L1/L2 com RTK mesmo assim ambos apresentaram deslocamento milimétricos sendo, 29 milímetros para o Trimble R3 L1 e, 18 milímetros para o Trimble R4 de dupla frequência com RTK.

Para os receptores geodésicos a observação de Braga (2010) e Fransson et al. (2005) se repete, onde a Longitude continua tendo valores menores de erro e todos os pontos avaliados a diferença planimétrica entre eixos apresentaram valores inferiores a 1 centímetro em cada eixo como observou Santos e Sebem (2014).

A figura 17 mostra a representação gráfica do deslocamento dos valores das coordenadas Norte e Este de todos os receptores utilizados no trabalho.

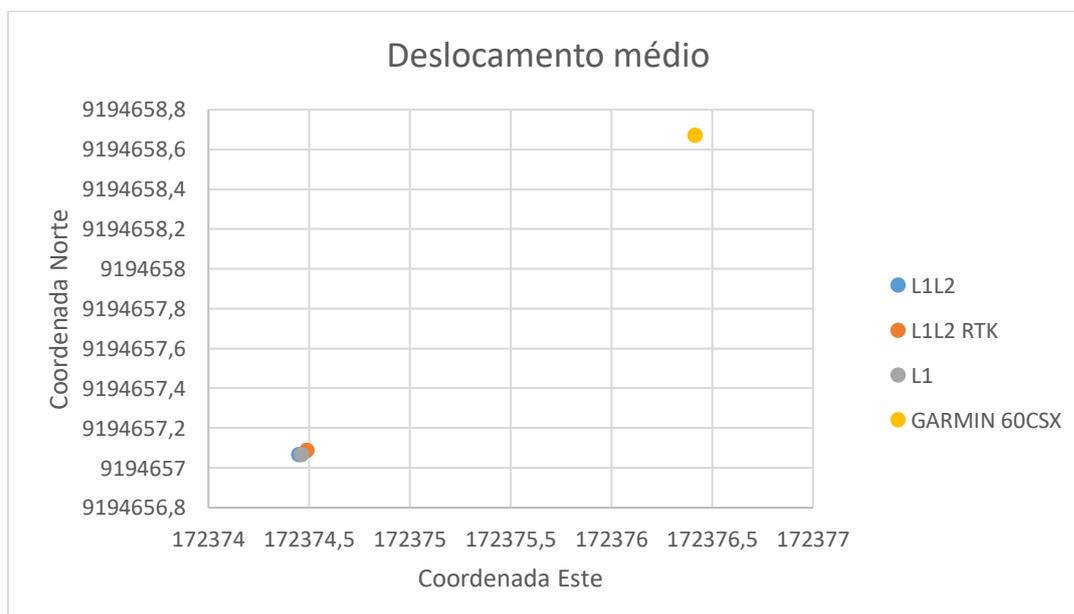


Figura 17 – Deslocamento horizontal médio da posição.

Na figura 18 mostra-se dispersão dos pontos médios tendo o L1L2 como referência, o gráfico mostra o Trimble R4 de dupla frequência L1L2 RTK desviou 7 milímetros no eixo X e 5 milímetros no eixo Y, já o Trimble R3 L1, apresentou desvio médio de 2 milímetros no eixo X e de 28 milímetros no eixo Y, o desvio encontrado entre os equipamentos geodésicos foi mínimo.

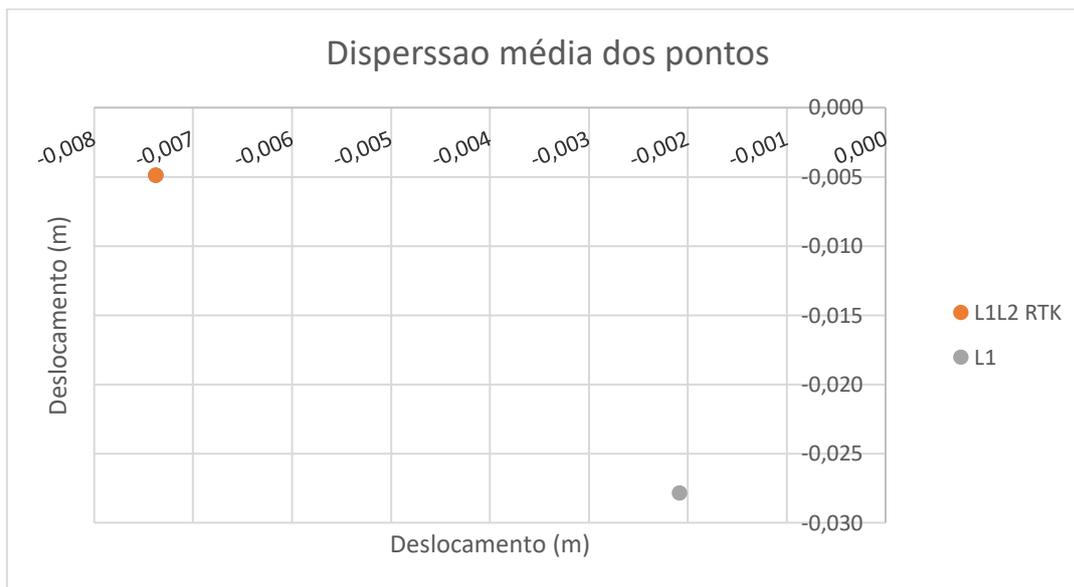


Figura 18 – Dispersão dos receptores Trimble R3 (L1) e Trimble R4 (L1/L2).

Capelli et al (2006) observa que a correção diferencial em tempo real reduziu consideravelmente o erro absoluto. Isto se deve ao fato que a correção diferencial reduz com maior propriedade os erros.

Outro ponto que se observou foi a importância da correção dos dados coletados com receptores geodésicos, o qual quando comparado com os dados brutos mostrou deslocamento que não atenderia as normas técnicas para efetivar o levantamento da propriedade junto ao órgão responsável. A figura 19, ilustra o desvio do receptor Trimble R4 L1/L2 corrigido sobre o não corrigido.

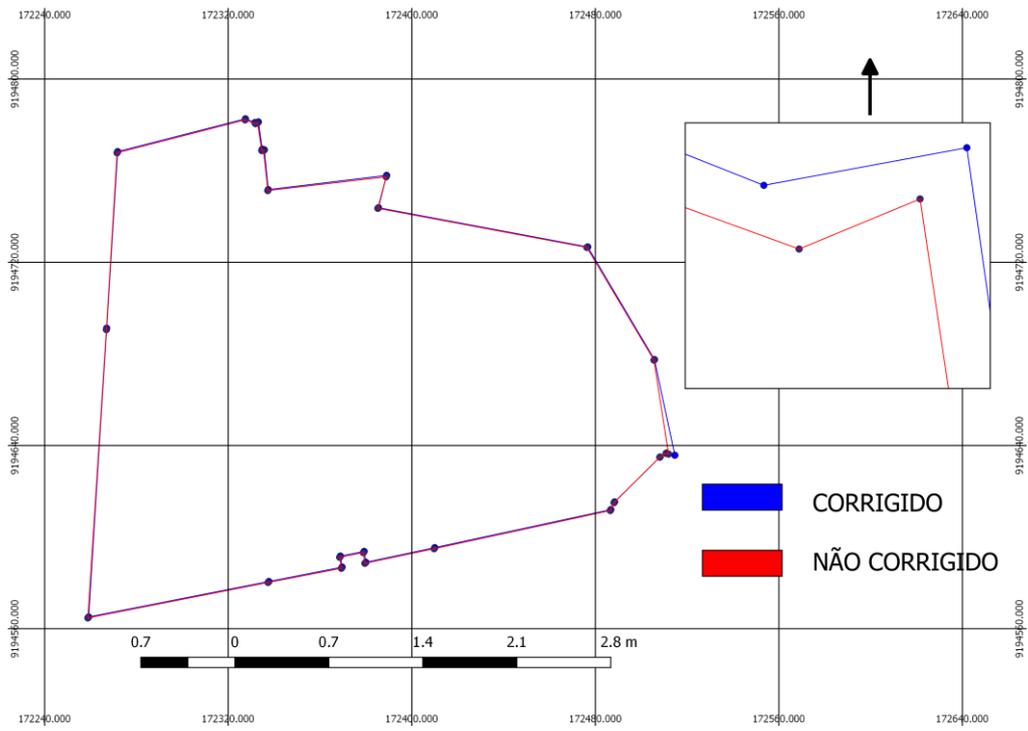


Figura 19 – comparativo entre poligonais corrigidas e não corrigidas.

6. CONCLUSÃO

A qualidade das coordenadas, obtidas com os receptores de sinal de GPS de navegação podem ser utilizadas na atividade agropecuária, com restrições para aquelas que necessitem de valores de ordem submétrica;

Os valores dos dados de cálculo de área obtidos com uso de receptores de navegação são próximos dos fornecidos pelos receptores geodésicos. Mesmo assim, seu uso deve ser cauteloso em atividades que necessitem de medidas mais acuradas.

Os receptores geodésicos obtiveram resultados centimétricos mostrando sua alta acurácia e aptidão para projeto de agricultura de precisão. Como mostrado nas Figuras 16 e 17 o deslocamento da coordenada geográfica pós-processada é mínima, onde obteve em seu melhor resultado 9 milímetros de deslocamento com Trimble R4 RTK e 28 milímetros com Trimble R3 L1.

O GPS L1 forneceu dados confiáveis para o trabalho, seu funcionamento se mostrou mais cuidadoso que os demais, tendo que ter um maior cuidado com obstáculos para não ocorrer a perda de sinal.

A utilização de um receptor de GPS RTK, permitiu a coleta de grande quantidade de dados e a análise desses dados sem a necessidade de mensurações dos erros em campo, o que representa maior rapidez com menos chances para erros.

7. REFERÊNCIAS

BALASTREIRE, L.A. Avaliação do desempenho de um sistema de georreferenciamento portátil de baixo custo para Agricultura de Precisão. In: AVANÇOS NA AGRICULTURA DE PRECISÃO NO BRASIL NO PERÍODO DE 1999-2001, 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: L.A. Balastreire, 2001. p.282-4.

BALASTREIRE, L.A.; BAILO, F.H.R. Avaliação do desempenho de um GPS com algoritmo otimizado sem sinal de correção para agricultura de precisão. In: AVANÇOS NA AGRICULTURA DE PRECISÃO NO BRASIL NO PERÍODO DE 1999-2001, 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: L.A. Balastreire, 2001. p.285-8

BLITZKOW, D. Posicionamento por satélite: NAVSTAR/GPS. São Paulo: EPUSP, 1991. 36p. (Apostila).

BRAGA, Jair Otávio Farias. AVALIAÇÃO DE RECEPTORES GPS DE NAVEGAÇÃO E GEODÉSICO EM LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO. 2010. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Pará, Altamira, 2010. Disponível em: <<http://fea.altamira.ufpa.br/arquivos/tccs/034tcc2010jairotavio.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

CAPPELLI, Nelson Luis et al. Desempenho comparativo entre receptores GPS. Revista Brasileira de Agroinformática: Associação Brasileira de Agroinformática, São Paulo, v. 8, n. 1, p.63-77, 05 jul. 2010. Anual. Disponível em: <<https://www.sbiagro.org.br/pdf/revista/rbiagro-v8n1-2006.pdf#page=69>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

CARVALHO, Rita de Cássia Freire et al. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE RECEPTORES GNSS NO LEVANTAMENTO E MAPEAMENTO PLANIALTIMÉTRICO. 2016. Disponível em: <[http://www.uesb.br/eventos/seeflor/publicacoes/2016/ANALISE COMPARATIVA ENTRE](http://www.uesb.br/eventos/seeflor/publicacoes/2016/ANALISE%20COMPARATIVA%20ENTRE)

COELHO, A. C. S. Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras. 2003. 128 f. Dissertação (Mestrado em irrigação e drenagem) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiros, Universidade de São Paulo, 2003.

- DOMINGUES, F. A. A. Topografia e astronomia de posição: para engenheiros e arquitetos. 1979.
- DOROTI, M. e NEGRAES, R. GPS POSITIONING SYSTEM. São Paulo: Editora Fitipaldi, 1997.
- GEMAEL, C.; ANDRADE, J.B. de. Geodésia Celeste. Curitiba, Editora da UFPR, 2004. 389p.
- FERREIRA, A. B. H. Novo dicionário da língua Portuguesa. Editora Nova Fronteira S.A. 2ª Edição, revista e aumentada, 1986.
- FIGUEIRÊDO, D. C. Curso Básico de GPS. [S.l.: s.n.], Setembro de 2005.
- HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. (2001). GPS: Theory and Practice. 5ª edição. Wien: Springer-Verlag.
- HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H. e WASLE, E. GNSS – Global Navigation Satellite Systems, GPS, GLONASS, Galileo and more. Springer-Verlag Wien, 2008. 501p.
- HURN, J. GPS. A guide to the next utility. Trimble Navigation, Sunnyvale, Estados Unidos, 1989.
- Lago, Isabel Franco do,; Ferreira, Luiz Danilo Damasceno, and Krueger, Claudia Pereira. 2002. "GPS E GLONASS: Aspectos Teóricos E Aplicações Práticas." Boletim de Ciências Geodésicas 8 (2): 37-53. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/bcg/article/viewArticle/1419>> ; acessado em 10 de Fevereiro de 2017.
- Leick, A. GPS satellite Surveying. Maine: John Wiley. 1990. 352p.
- MANUAL DE OPERAÇÃO. Referência geral de sistemas cartográficos. Trimble Navigation Limited Systems Group. Revisado em Janeiro de 1997.
- MOLIN, J. P. Utilização de GPS em Agricultura de Precisão. Eng. Agrícola, Jaboticabal, v.17, n.3, 1998. p.121-132.
- MOLIN, J. P. Oficina de aplicações de GPS de navegação em agricultura. ESALQ/USP, 2009.

MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo NAVSTAR – GPS. Descrição, Fundamentos e aplicações. 1º edição. Presidente Prudente: Editora Unesp, 2000.

PEREIRA, Kátia Duarte; FAZAN, Jardel Aparecido; FORTES, Luiz Paulo Souto. RBMC: SETE ANOS FORNECENDO REFERÊNCIA A POSICIONAMENTOS GPS NO BRASIL E EXTERIOR. Rio de Janeiro: Ibge, 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/artigos/2003_RBMC_Sete_Anos_fornecendo_referencia_a_posicionamentos_GPS_exterior.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2016.

PEREIRA, Kátia Duarte; AUGUSTO, Moema José de Carvalho. O SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO E A LEI DE GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS. Rio de Janeiro: Ibge, 2003. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/cgtg/ISIMGEO/CD/html/geodesia/Artigos/G026.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

RECEPTORES GNSS NO LEVANTAMENTOS E MAPEAMENTO PLANIALTIMETRICO.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

RODRIGUES, V.A. Uso do sistema de posicionamento global na caracterização planialtimétrica para projetos de irrigação e drenagem. 2003. 96 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

ROQUE, Cassiano Garcia et al. GEORREFERENCIAMENTO. Revista de Ciências Agroambientais, Alta Floresta, v. 4, n. 1, p.87-102, nov. 2006. Disponível em: <http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol4/10_artigo_v4_.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2016.

SANTOS, Ronilson de Souza et al. UTILIZAÇÃO DE RECEPTOR DE SINAL DE GPS DE NAVEGAÇÃO COMO FERRAMENTA DE APOIO À ATIVIDADE AGROPECUÁRIA. Energagric, [s.l.], v. 31, n. 1, p.97-101, 20 abr. 2016. EIA Energy in Agriculture. <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2016v31n1p97-101>. Disponível em: <<http://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2047>>. Acesso em: 23 out. 2016.

SILVA, Sergio Teixeira da. Análise comparativa entre equipamentos eletrônicos (GPS) para levantamento de dados topográficos. 2002. 69 f. Monografia (Especialização) - Curso de Geoprocessamento, Departamento de Cartografia, Ufmg, Belo Horizonte, 2002. Disponível

em: <[http://csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/SERGIO TEIXEIRA DA SILVA.pdf](http://csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/SERGIO%20TEIXEIRA%20DA%20SILVA.pdf)>.

Acesso em: 05 nov. 2016.

SEEBER, G. Satellite Geodesy. New York: Walter de Gwyter, 1993.

SILVEIRA, L.C. Curso de Georreferenciamento de Imóveis Rurais: III- Atividade Cartorais/Levantamento do Perímetro. A Mira, Criciúma, Ano XV, nº131, janeiro e fevereiro de 2006.

SILVEIRA, A.C.; Geodésia Aplicada ao Georreferenciamento. Curso de Formação continuada em Georreferenciamento de imóveis rurais. CTET. Março de 2005.

SILVEIRA, A. C. da. Avaliação de desempenho de aparelhos receptores GPS. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. SP: [s.n.], 2004.

STABILE, M. C. C.; BALASTREIRE, L. A. Comparação de três receptores GPS para uso em agricultura de precisão. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 26, n.1, p. 215-223, 2006.

TAYLOR E FRANCIS (2002). Manual of Geospatial Science and Technology. Chapter 10: GPS instrumentation issues. Grejner-Brzezinska, D. Editora: J. Bossler.

TEIXEIRA, R.T. Certificação de Peças Técnicas de Georreferenciamentos de Imóveis Rurais Junto ao INCRA. A Mira, Criciúma, ano XV, nº 131, janeiro e fevereiro de 2006.

TRAGUETA, N. L.; CARDOSO, L. G. Desempenho de receptores de GPS de navegação no cálculo de área e perímetro segundo diferentes configurações. Revista Energia na Agricultura, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 105120, 2009.

VAZ, J.A.; Pissardini, R.S.; Fonseca Júnior, E.S.. "Comparação da cobertura e acurácia entre os sistemas GLONASS e GPS obtidas dos dados de observação de uma estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo". Revista Brasileira de Cartografia 63 (3): 529-539, 2013.

VETTORAZZI, C. A.; ÂNGULO FILHO, R.; COUTO, H. T. Z. Sistema de posicionamento global – GPS. Engenharia Rural., v5, n2, p61-70, 1994.

VOLPATO, M. M. L.; VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; SOUZA, V. C. O. GPS de navegação: dicas ao usuário. Circular Técnica. EPAMIG. Belo Horizonte, 2008. 4p.

ANEXO I

Relatório de processamento das linhas de base

Resumo do processamento

Observação	De	Para	Tipo de solução	Precisão de H (Metro)	Prec. V (Metro)	Azimute geodésico	Distância do elip. (Metro)	ΔAltura (Metro)
PBCG --- bzfazinsa (B1)	PBCG	bzfazinsa	Fixo	0.004	0.020	223°07'13"	9550.775	-55.307

Resumo da aceitação

Data do Processamento	Passado	Valor 	Falha 
1	1	0	0

PBCG - bzfazinsa (09:11:00-11:58:15) (S1)

Observação de linha de base:	PBCG --- bzfazinsa (B1)
Data do Processamento:	03/11/2016 20:15:26
Tipo de solução:	Fixo
Frequência usada:	Frequência dupla (L1, L2)
Precisão horizontal:	0.004 m
Precisão vertical:	0.020 m
RMS:	0.002 m
PDOP Máximo:	2.720
Efeméride usada:	Transmissão
Modelo da antena:	Calibração do Levantamento Geodético Nacional dos E.U.A.
Hora de início do processamento:	21/10/2016 09:11:00 (Local: UTC -3hr)
Hora de fim do processamento:	21/10/2016 11:58:15 (Local: UTC -3hr)
Duração do processamento:	02:47:15
Intervalo de processamento:	15 segundos

Componentes do vetor (Marca a Marca)

De:	PBCG				
	Grid		Local		Global
Direção leste	178917.587 m	Latitude	S7°12'49.24009"	Latitude	S7°12'49.24009"
Direção norte	9201606.165 m	Longitude	O35°54'25.69571"	Longitude	O35°54'25.69571"
Elevação	534.100 m	Altura	534.100 m	Altura	534.100 m

Para:	bzfazinsa				
	Grid		Local		Global
Direção leste	172428.256 m	Latitude	S7°16'36.15679"	Latitude	S7°16'36.15679"
Direção norte	9194586.868 m	Longitude	O35°57'58.51829"	Longitude	O35°57'58.51829"
Elevação	478.792 m	Altura	478.792 m	Altura	478.792 m

Vetor					
ΔDireção leste	-6489.331 m	Azimute de avanço NS	223°07'13"	ΔX	-4588.238 m
ΔDireção norte	-7019.297 m	Distância do elip.	9550.775 m	ΔY	-4738.301 m
ΔElevação	-55.307 m	ΔAltura	-55.307 m	ΔZ	-6908.796 m

Desvio Padrão

Erros de vetor:					
σ Δ Leste	0.002 m	σ Azimute de avanço NS	0°00'00"	σ ΔX	0.008 m
σ Δ Norte	0.001 m	σ Dist. elipsoide	0.001 m	σ ΔY	0.006 m
σ Δ Elevação	0.010 m	σ ΔAltura	0.010 m	σ ΔZ	0.002 m

Matriz Variância Covariância (Metro²)

	X	Y	Z
X	0.0000633742		
Y	-0.0000464239	0.0000375689	
Z	-0.0000110818	0.0000082031	0.0000039870

Ocupações

ID do ponto:	De	Para
	PBCG	bzfazinsa
Arquivo de dados:	C:\Users\lagbeo\Documents\Trimble Business Center\Sem nome\pbcg2951.16c	C:\Users\lagbeo\Documents\Trimble Business Center\Sem nome\76062950.DAT
Tipo do receptor:	NetR5	R4
Número de série do receptor:	4651K03604	5125467606
Tipo de antena:	Zephyr Geodetic 2	R4 Internal
Número de série da antena:	30260461	-----
Altura da antena (medida):	0.008 m	1.941 m
Método de medição da antena:	Base da montagem da antena	Centro do ressalto amarelo

ANEXO II



Diretoria de Geociências
Coordenação de Geodésia

RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
Estação Campina Grande - PBCG

0. Formulário

Preparado por - Equipe Técnica da RBMC - "Centro de Controle Eng^a. Kátia Duarte Pereira"
Data - 14 – abril – 2008
Atualização - 01 – julho – 2010 / Atualização da Alt. Orto. (MAPGEO2010).

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação - Campina Grande
Ident. da Estação - PBCG
Inscrição no Monumento - Não há inscrição
Código Internacional - 92447
Informações Adicionais -

2. Informação sobre a localização

Cidade - Campina Grande
Estado - Paraíba

Informações Adicionais - Cilindro de concreto medindo 1,40m de altura e 0,20m de diâmetro, contado a partir de uma base de concreto com dimensões aproximadas de 0,80m x 0,80m x 0,20m de altura, sobre a laje do prédio do Bloco CM. Possui dispositivo de centragem forçada em seu topo. A estação está nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

3. Coordenadas oficiais

3.1) SIRGAS2000 (Época 2000,4)

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	07° 12' 49,2401" S	Sigma:	0,001 m
Longitude:	35° 54' 25,6957" W	Sigma:	0,001 m
Alt.Elip.:	534,10 m	Sigma:	0,004 m
Alt.Orto.:	538,12 m	Fonte:	GPS/ MAPGEO2010
Coordenadas Cartesianas			
X	5.125.899,424 m	Sigma:	0,003 m
Y	-3.711.505,630 m	Sigma:	0,003 m
Z	-795.650,619 m	Sigma:	0,001 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	9.201.606,165 m		
UTM (E):	178.917,587 m		
MC:	- 33°		