



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

SEVERINO JOÃO DUARTE DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA PRECISÃO DE RECEPTORES GNSS PARA
COLETA DE DADOS EM LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS**

AREIA
2025

SEVERINO JOÃO DUARTE DA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA PRECISÃO DE RECEPTORES GNSS PARA
COLETA DE DADOS EM LEVANTAMENTOS PLANIMÉTRICOS**

Trabalho de Graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia do Centro
de Ciências Agrárias da Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às exigências para a
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Guttemberg da Silva
Silvino

AREIA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586a Silva, Severino João Duarte da.

Análise comparativa da precisão de receptores GNSS para coleta de dados em levantamentos planimétricos / Severino João Duarte da Silva. - Areia:UFPB/CCA, 2025. 48 f. : il.

Orientação: Guttemberg da Silva Silvino.
TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Georreferenciamento. 3. Levantamentos topográficos. 4. Exatidão. 5. Confiabilidade. I. Silvino, Guttemberg da Silva. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA
CAMPUS II – AREIA - PB

DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aprovada em 29/04/2025

**“ANÁLISE COMPARATIVA DA PRECISÃO DE RECEPTORES
GNSS PARA COLETA DE DDOS EM LEVANTAMENTOS
PLANIMÉTRICOS”**

Autor: SEVERINO JOÃO DUARTE DA SILVA

Banca Examinadora:

Prof. Dr GUTTEMBERG DA SILVA SILVINO
Orientador(a) – UFPB

Prof. Dr. NIVALDO TIMÓTEO DE ARRUDA FILHO
Examinador(a) – DSENGR/CCA/UFPB

Msc. JACOB SOARES PEREIRA NETO
Examinador(a) - GEOSUPERFICIE

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por todas as graças que tem feito em minha vida, pela finalização desse trabalho e por me proporcionar a oportunidade de ter a resiliência, a força e a determinação para quebrar todas as barreiras que surgiram.

Agradeço aos meus pais João e Lucilene, por sempre me incentivarem a alcançar os meus objetivos e a minha avó paterna, por ter cuidado, incentivado e me orientado ao longo de todos esses anos.

Aos meus irmãos, minha namorada, colegas e familiares pelo apoio moral na busca de conhecimento profissional e em todas as minhas escolhas.

Agradeço ao meu orientador, o professor Guttemberg da Silva Silvino, pela paciência, compreensão e dedicação na minha busca de conhecimentos.

A instituição UFPB, pela bagagem de conhecimento que adquiri, aos docentes que fizeram seu papel como educador. Aos meus amigos que a instituição me proporcionar adquirir ao longo desses anos.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado!

RESUMO

As normas para o georreferenciamento de imóveis rurais, demanda que os levantamentos topográficos apresentem uma alta exatidão e confiabilidade nos seus resultados, contudo, muitas das vezes os levantamentos são realizados por meio do uso de equipamentos impróprios, proporcionando erros de posicionamento e dimensionamento no perímetro e áreas. O presente trabalho, possui como principal finalidade comparar os resultados obtidos com diferentes receptores de navegação e geodésico. Foram utilizados os seguintes equipamentos na pesquisa: Trimble R4 L1/L2+RTK, STONEX modelo 850+ e Garmin 76 CSx. Foram coletados 15 pontos de vértices da área da Engenharia Rural, inserida na Estação Experimental Chã de Jardim pertencente ao Centro de Ciências Agrárias CCA da Universidade Federal da Paraíba- UFPB. A partir das informações coletadas com os diferentes equipamentos, foram gerados os mapas Planimétricos, utilizando um Sistema de Informação Geográfica – SIG. Os resultados revelam discrepâncias nos mapeamentos efetuados, uma vez que as informações coletadas por um receptor GPS Garmin 76 CSx exibiram uma variação de 2,014% na área encontrada, em comparação aos receptores geodésicos, os quais demonstraram-se fidedignos para aplicações na agricultura de precisão, evidenciando sua elevada exatidão e confiabilidade.

Palavras-chave: georreferenciamento; levantamentos topográficos; exatidão; confiabilidade.

SUMMARY

The standards for the georeferencing of rural properties demand that topographic surveys present high accuracy and reliability in their results, however, surveys are often carried out using inappropriate equipment, causing positioning and sizing errors in the perimeter and areas. The main purpose of this work is to compare the results obtained with different navigation and geodetic receivers. The following equipment was used in the research: Trimble R4 L1/L2+RTK, STONEX model 850+ and Garmin 76 CSx. 15 vertex points were collected from the Rural Engineering area, located at the Chã de Jardim Experimental Station belonging to the CCA Agricultural Sciences Center of the Federal University of Paraíba-UFPB. From the information collected with the different equipment, planimetric maps were generated, using a Geographic Information System – GIS. The results reveal discrepancies in the mapping carried out, since the information collected by a Garmin 76 CSx GPS receiver showed a variation of 2.014% in the area found, in comparison to geodetic receivers, which proved to be reliable for applications in precision agriculture, demonstrating their high accuracy and reliability.

Keywords: georeferencing; topographic surveys; accuracy; reliability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Receptor GNSS Trimble, modelo R4.....	24
Figura 2 - Controladora utilizada no receptor Trimble, modelo R4.	24
Figura 3 - Receptor GPS Garmin, modelo 76 CSx.....	25
Figura 4 - GNSS da Marca STONEX, modelo 850+.	26
Figura 5 - Localização da área de Estudo.	28
Figura 6 - Identificação da área da Engenharia Rural-CCA/UFPB.....	29
Figura 7 - Controladora GNSS Trimble, modelo R4 e GPS Garmin, modelo 76CSx.....	30
Figura 8 - Receptor Trimble, modelo R4 instalado para fixar o PDOP.	31
Figura 9 - Obtenção das coordenadas do Marco 003 (BASECHAJARDIM).	32
Figura 10 - Software Trimble Business Center.....	33
Figura 11 - Marco Geodésico – M003 – implantado na Estação Chã de Jardim	35
Figura 12 - Mapa Planimétrico – Equipamento Trimble, modelo R4.	36
Figura 13 - Mapa Planimétrico – Equipamento utilizado GARMIN 76 CSx.....	36
Figura 14 - Mapa Planimétrico – Receptor Marca STONEX modelo 850+.	37
Figura 15 - Representação gráfica das áreas levantadas com diferentes receptores.....	38
Figura 16 - Representação gráfica da diferença da área obtida por cada receptor tomando o STONEX modelo 850+como referência.	39
Figura 17 - Comparação entre as poligonais.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista dos pontos coletados.	37
Tabela 2 - Áreas obtidas a partir dos equipamentos utilizados.....	38
Tabela 3 - Valores do perímetro calculado com QGIS 2.18.	40
Tabela 4 - Diferença entre os vértices.....	41
Tabela 5 - Diferença média entre os pontos de posicionamento e deslocamento total.....	42

LISTA DE SIGLAS

CCA - Centro De Ciências Agrarias
Dod - DEPARTMENT OF DEFENSE
DTM - Modelos Digitais do Terreno
ESA - European Space Agency
GBAS - Ground Based Augmentatin System
GLONASS - Global'naya Navigatsionnay Sputnikovaya Sistema
GNSS - Global Navigation Satellite System
GPS - Global Positioning System
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICAO - Internacional Civil Aviation Organization
NTGIR - Normas Técnicas para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais
PPP - Posicionamento por Ponto Preciso
PRN – PseudoRandom Noise
RBMC - Rede Brasileira De Monitoramento Contínuo
RGB - Redes Geodésicas Brasileiras
RTK - REAL TIME KINEMATIC
SA - Selective Availability
SBAS – Satellite Based Augmentation System
SGB - Sistema Geodésico Brasileiro
SGR - Sistema geodésico de referência
SIG - Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
TBC - Trimble® Business Center
UE - União Europeia
UFCG - Universidade Federal de Campina Grande
UFPB – Universidade Federal Da Paraíba
UTM - Universal Transverse Mercator
WGS 84 - World Geographic System 1984

LISTA DE SÍMBOLOS

- % Porcentagem
- © Copyright
- ® Marca Registrada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. GERAL.....	13
2.2. ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO.....	14
3.2. SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE (GNSS).....	14
3.2.1. Sistema de posicionamento global (GPS)	15
3.2.2. Glonass	16
3.2.3. Galileo	16
3.2.4. Beidou	17
3.3. RECEPTORES DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITE	17
3.3.1. Sinais emitidos pelos satélites GPS	18
3.3.2. Receptor de posicionamento do satélite na agricultura	18
3.4. GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS.....	19
3.5. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO - SGB.....	20
3.5.1. Posicionamento por ponto preciso-PPP	21
3.5.2. Rede brasileira de monitoramento contínuo – RBMC	21
3.5.3. Datum geográfico	23
3.6. ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS.....	23
3.6.1. GNSS da marca Trimble, modelo R4:	23
3.6.2. GPS da marca Garmin, modelo 76 CSx:	25
3.6.3. GNSS da marca STONEX, modelo 850+:	25
3.7. SOFTWARE DE PÓS PROCESSAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS.....	26

4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
4.2. MATERIAIS.....	29
4.2.1. Equipamentos utilizados no levantamento	29
4.3. METODOLOGIA	29
4.3.1. Coleta dos dados	30
4.3.2. Execução dos serviços de escritório	31
4.3.2.1. Descrição geral dos trabalhos.....	31
4.3.2.2. Ajustamento das coordenadas	32
<i>4.3.2.2.1. Processamento dos pontos definidores do perímetro</i>	32
4.3.2.3. Ajustamento dos dados coletados.....	33
4.3.2.4. Descrição dos serviços executados	33
4.3.3. Deslocamento entre coordenadas	34
4.3.4. Deslocamento Médio	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5.1. IMPLANTAÇÃO DO MARCO GEODÉSICO	35
5.2. COLETA DE DADOS NOS VÉRTICES DA ÁREA DE ESTUDO	35
6. CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44
ANEXO A – PROCESSAMENTO DO MARCO BASECHAJARDIM	46
ANEXO B - RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO DAS LINHAS DE BASE	47
ANEXO C – RELATÓRIO DE INFORMAÇÃO DA ESTAÇÃO PBCG	48

1. INTRODUÇÃO

A humanidade passou por diversos processos evolutivos de sobrevivência ao longo da história, para isto, sempre houve a necessidade do homem se localizar em relação a superfície terrestre, bem como realizar a mensuração de uma propriedade para fins de edificação ou para cultivo da agricultura e pecuária (Campelo et al, 2024).

A topografia é a descrição de um lugar, no qual ela é definida como a ciência que estuda as características naturais e/ou artificiais presentes na superfície de uma localidade. Segundo Cardoso (2020), a topografia é uma ciência de grande importância para diversas áreas da engenharia, especialmente no que diz respeito à sistematização de terras, nivelamentos de terraplenagem e medições de terrenos. Por meio da topografia, executam-se a medição e o cálculo das áreas de terra, suas demarcações e divisões. Também se estudam e locam os traçados de estradas, projetos de açudes e obras de terraplenagem em geral

Os produtos gerados nos trabalhos de topografia podem ser utilizados para diversas áreas, podendo-se citar a construção civil e agricultura de precisão, onde essas informações possibilitam a medição de áreas, acompanhamento de obras, a cotação de nível do terreno (dado imprescindível para montar um sistema de irrigação), o alinhamento de fileiras da cultura a ser implantada de acordo com as curvas de nível, o melhor posicionamento de drenos e estradas, além de muitos outros benefícios que o uso desses dados podem trazer (Araújo, 2019).

As atividades de mapeamento passaram por grandes mudanças com a chegada do sistema de posicionamento por satélites, pois esse sistema permite determinar locais, tanto fixos quanto em movimento, com mais rapidez e precisão do que os métodos tradicionais de medição. Segundo Nogueira (2016), apesar de ter sido desenvolvido com finalidade militar, tão logo a potencialidade de uso civil foi percebida e hoje são inúmeras as atividades que fazem uso do sistema Global Navigation Satellite System (GNSS), este método de posicionamento está revolucionando inúmeras pesquisas, serviços e setores da economia. Dentre os sistemas GNSS existentes, os únicos que tem cobertura global e estão em pleno funcionamento, são o Global Positioning System (GPS), desenvolvido pelos Estados Unidos e o Global'naya Navigatsionnay Sputnikovaya Sistema (GLONASS), da Rússia.

Hoje, o GPS (Global Positioning System) ou Sistema de Posicionamento Global é muito utilizado para localização geográfica, navegação espacial, rastreamento de objetos e mapeamento de diferentes áreas e muitas outras atividades que visam a localização de elementos geográficos e glebas. Sendo um sistema de geoposicionamento através de satélites

artificiais baseados na transmissão e recepção de ondas de radiofrequência captadas por receptores GPS, obtendo posicionamento na superfície terrestre (Seibt, 2024).

Segundo Rodrigues (2017), 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.

Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) refere-se à constelação de satélites que possibilita o posicionamento em tempo real de objetos, bem como a navegação em terra ou mar. Segundo o IBGE, esses sistemas são utilizados em diversas áreas, como mapeamentos topográficos e geodésicos, aviação, navegação marítima e terrestre, monitoramento de frotas, demarcação de fronteiras, agricultura de precisão, entre outros usos.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Realizar análise comparativa entre receptores do Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS) em levantamento planimétrico, com diferentes métodos de posicionamento.

2.2. ESPECÍFICOS

- Realizar análise comparativa dos dados coletados;
- Gerar mapas, a partir do SIG;
- Analisar de forma comparativa os erros de posição.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

O levantamento topográfico se define como a operação de aplicação da ação topográfica no campo. Para representação da Terra, pela topografia, a Terra é tratada como um plano, o que deixa aplicar as regras da geometria para os cálculos.

Segundo Silva (2017), o levantamento topográfico tem o objetivo de gerar uma planta da superfície terrestre para se utilizar como base de aplicação de uma obra. Em outros termos, o levantamento topográfico se define como o produto da topografia. Consiste em todas as operações, equipamentos e procedimentos necessários para se efetuar uma representação precisa o suficiente da superfície do local.

A Topografia, sendo o ramo da cartografia que visa a descrição da superfície e sua localização no globo, é uma das ciências que utiliza o GPS. Nela identificamos duas frentes: a Planimetria e a Altimetria. A Planimetria se refere ao posicionamento horizontal dos elementos, ou seja, a definição de coordenadas para o objeto. E a Altimetria, que visa o posicionamento vertical dos elementos, ou seja, a definição de quantos metros acima do nível do mar se encontra o objeto. Então, quando executamos um trabalho visando planimetria e altimetria o chamamos de Levantamento Topográfico Planialtimétrico (Seibt, 2024).

Cardoso (2020), afirma que, o levantamento topográfico possui a finalidade de representar graficamente e em sua totalidade as características do lugar. Consiste em todas as operações, equipamentos e procedimentos indispensáveis para se reproduzir fielmente a superfície criada do local representado.

Na ABNT NBR 13.133, que trata da Execução de Levantamentos Topográficos, são elencadas as condições exigíveis para a execução de levantamento topográfico destinado à obtenção do conhecimento geral do terreno, como seu relevo, limites, confrontantes, área, etc.

Embora a representação dos pontos topográficos se relacionarem com uma representação projetada, o produto final do levantamento depende sumariamente da finalidade e do nível de detalhes do projeto. Como citados anteriormente, os projetos podem ser realizados através da Planimetria, Altimetria, ou também através da Planialtimetria (Cardoso, 2020).

3.2. SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE (GNSS)

Segundo Nogueira (2016), a denominação GNSS (Global Navigation Satellite System) foi usada pela primeira vez pela Internacional Civil Aviation Organization (Icao) durante uma

de suas reuniões, e atualmente abrange todos os sistemas de posicionamento global por satélites bem como a infraestrutura terrestre (GBAS – Ground Based Augmentatin System) e a espacial (SBAS – Satellite Based Augmentation System) associada. Esta integração garante ao usuário maior velocidade e confiabilidade de definição das coordenadas, melhor correção dos efeitos ionosféricos, possibilidade de levantamento com precisão em ambientes com interferências e melhoria considerável da acurácia em aplicações de tempo real.

Entre as tecnologias que empregam o sistema GNSS está o Real Time Kinematic (RTK). O RTK é um sistema que permite a correção imediata das observações. As informações são tratadas simultaneamente com o momento do levantamento dos dados. É a ação em "tempo real", o que resulta em obtenção de dados com maior rapidez (Seibt, 2024).

Segundo Seibt (2024), o objetivo primordial do GNSS, posicionamento instantâneo com precisão de poucos metros, tem aplicação na navegação terrestre, aérea e marítima; no controle de frotas com consequências positivas na logística de transportes; na agricultura de precisão com benefícios na avaliação da produtividade e no uso racional dos insumos agrícolas. Além disso, as medidas precisas (centimétricas) do GNSS, possíveis através da técnica de ‘Fase de Batimento da Portadora’, permitem aplicações na área da engenharia tanto na locação de obras quanto no monitoramento de grandes estruturas.

Embora o desenvolvimento de sistemas de satélites seja mais lento em comparação com outras áreas, devido ao tempo necessário para projetar, construir e lançar os satélites, a tecnologia está em constante evolução. Por isso, os usuários devem estar atentos e escolher receptores que sejam compatíveis ou que sejam próximos de aproveitar ao máximo os avanços do GNSS.

3.2.1. Sistema de posicionamento global (GPS)

O GPS foi desenvolvido pelo departamento de Defesa dos Estados Unidos, com o objetivo principal de proporcionar posicionamento. O sistema é constituído de uma constelação de no mínimo 24 satélites operacionais, conta com 32 satélites, dos quais 31 estão operacionais (Jerez et al, 2020).

Diante de tantas limitações com os sistemas de posição e navegação já desenvolvidos, foi iniciado em 1973 o projeto NAVSTAR-GPS, um sistema de navegação de alta precisão coordenado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD-Department of Defense) apoiado por diversas instituições de pesquisa americanas e que, surgia a partir da fusão de outros dois programas militares, o TIMATION, desenvolvido pela marinha, e o SISTEMA 621B,

desenvolvido pela força aérea. Sua principal finalidade era suprir as necessidades militares, possibilitando o posicionamento tridimensional contínuo, em tempo real e de precisão centimétrica para qualquer ponto sobre ou próximo da superfície terrestre, em relação a um sistema de referência definido (Nogueira, 2016).

Segundo Nogueira (2016), o sistema GPS foi declarado completamente operacional em 27 de abril de 1995, muito embora já viesse sendo utilizado no posicionamento geodésico desde a década de 80, e apesar de ter sido concebido inicialmente para atividades militares, o seu grande potencial para aplicações da comunidade civil fez com que o Congresso Americano entrasse em consenso e junto ao DoD liberasse este serviço para o uso civil. No entanto, o mesmo continha uma degradação dos dados das efemérides transmitidas, chamada de Selective Availability (SA) ou "disponibilidade seletiva", que consistia num erro induzido à precisão do sinal recebido pelos receptores e que foi mantido até 1º de maio de 2000, quando foi assinada uma lei determinando o fim dessa interferência e, desde então o Departamento de Defesa americano mantém este serviço sem restrições de precisão.

Segundo Campos (2018), 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.

3.2.2. Glonass

O sistema Glonass foi desenvolvido pela antiga União Soviética com a mesma finalidade militar e com características bastante semelhantes ao GPS, tanto na estrutura organizacional como no princípio de funcionamento. Segundo Nogueira (2016), o Glonass foi declarado totalmente operacional no final de 1995, com uma constelação de 24 satélites e aberto ao uso civil em 1999. Entretanto, a crise econômica advinda do fim da União Soviética reduziu os investimentos no sistema, que entrou em franca decadência. Em meados do século XXI, o governo russo temendo a dependência do sistema de navegação americano lançou um projeto de revitalização e modernização do sistema Glonass que retomou a cobertura global em 2011, e atualmente atua com 23 satélites, sendo a única alternativa válida ao GPS.

3.2.3. Galileo

Segundo Aquino (2021), o Galileo é um sistema global de navegação por satélite, financiado e gerido pela Europa. Foi desenvolvido em colaboração pela União Europeia (UE),

pela Agência Espacial Europeia (ESA – European Space Agency) e pela indústria europeia, e projetado para aplicações civis, mas também se destina a ser usado para aplicações de segurança.

Em 1999, a contribuição europeia para a navegação por satélite foi provisoriamente designada Galileo, porém tornou-se o sinônimo do GNSS europeu. De fato, o Galileo não é um acrônimo como GPS e Glonass, seu nome é em homenagem ao cientista e astrônomo italiano Galileo Galilei (Aquino, 2021).

Segundo Nogueira (2016), atualmente já foram lançados 12 satélites em órbita, sendo que a capacidade do sistema completo inclui um serviço comercial criptografado beneficiando 24 satélites operacionais.

3.2.4. Beidou

Segundo Aquino (2021), o sistema de navegação global por satélites, desenvolvido pela China, é conhecido por BeiDou (BDS). Em 1993, quando a China decidiu implementar um sistema de navegação independente, optou por denotá-lo como “BeiDou”, terminologia que remonta a constelação de estrelas Ursa Maior, que tem sido utilizada há séculos para identificar direções. Em algumas literaturas, o sistema BeiDou também é referido como Compass.

Atualmente o programa de desenvolvimento do sistema de navegação BEIDOU atua com 19 satélites em órbita e já opera na região Ásia-Pacífico com previsão de cobertura global, através de uma constelação de 35 satélites (Nogueira, 2016).

3.3. RECEPTORES DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITE

Os receptores GNSS, mais conhecidos como GPS, são equipamentos que realizam medições na superfície física terrestre de maneira indireta. O modo de medição é baseado em cálculos computacionais, os quais recebem informações de satélites em órbita e transformam em dados a serem processados (Seibt, 2024).

Segundo Seibt (2024), os receptores topográficos são utilizados para atividades técnicas, principalmente para levantamentos topográficos. Os equipamentos gravam os dados brutos das obtidos e utilizam principalmente a fase de código L1 e L2. Permitindo o pós-processamento e o posicionamento relativo (métodos de correção) atingindo acurácia do trabalho.

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 (Rodrigues, 2017).

3.3.1. Sinais emitidos pelos satélites GPS

O conjunto de satélites do sistema GPS transmite em duas frequências de portadoras sendo elas L1 e L2, ou seja, com frequências 1575,42 MHz e 1227,6 MHz, respectivamente. Essas portadoras são geradas simultaneamente a partir de uma frequência (f_0) de 10,23 MHz, sendo $L1 = 154 \cdot f_0$ e $L2 = 120 \cdot f_0$ (Souza et al, 2022).

Segundo Pereira (2023), o sistema GPS também fornece dois sinais adicionais nas frequências referidas como L3 (associados com o Sistema de Detecção de Detonações Nucleares) e L4 (para outros fins militares). Cada satélite GPS emissor é identificado com um código C/A (Coarse Acquisition ou Clear Access) único e um código P (Precision Code). A pequena extensão do código C/A permite ao receptor sincronizar-se com os diversos satélites dos quais está a receber sinais. Estes códigos são geralmente conhecidos como códigos PRN (PseudoRandom Noise) porque se assemelham a sinais semelhantes a ruído.

Segundo Silva et al (2015), a partir de 2010, a banda de frequência L5, em 1.176,45 MHz foi adicionada por meio do processo de modernização do sistema GPS para aplicações civis. A L5 é composta por duas portadoras que estão em quadratura e fase, e contém as novas funcionalidades de segurança para a aviação, além de fornecer maior disponibilidade e precisão.

3.3.2. Receptor de posicionamento do satélite na agricultura

Segundo Pereira (2023), os sistemas GNSS são utilizados na vertente de agricultura de precisão, ou seja, na aplicação de diferentes tecnologias e soluções para tornar a agricultura mais eficiente, melhorar o rendimento das culturas e reduzir o impacto ambiental. Estas tecnologias têm aplicações tais como:

- Orientação de máquinas agrícolas através de posicionamento GNSS para ajudar os condutores a seguir o caminho ótimo, minimizando assim os riscos de sobreposições;
- Monitorização do rendimento agrícola através da monitorização da colheita específica do local, combinando a saída de um sensor de rendimento com o posicionamento GNSS da ceifeira-debulhadora, por exemplo;

- Monitorização da biomassa permitindo a monitorização específica do local da biomassa num campo agrícola, fornecendo informação atualizada sobre a cultura em desenvolvimento;
- Monitorização do estado do solo permitindo atualizações sobre os níveis de humidade, fertilidade ou doenças do solo para otimizar a sua gestão;
- Rastreamento do gado e assistência na colocação de barreiras físicas através de estudo de barreiras virtuais.

Além disso, será possível melhorar o monitoramento da maquinaria agrícola e a gestão em tempo real. Com o GNSS, é possível acompanhar a localização e o estado dos equipamentos, melhorar o trabalho e aumentar a rastreabilidade de alimentos, animais e produtos. O uso de rastreadores em veículos e animais também ajuda no controle e na delimitação mais precisa das áreas agrícolas. A agricultura com GNSS está em constante evolução e se tornando uma fonte de renda importante.

3.4. GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS

Segundo Tavares (2023), georreferenciamento é o processo de associar informações geográficas ou espaciais a objetos, pontos, ou dados em um sistema de coordenadas conhecido. Isso permite que esses objetos ou dados sejam localizados de forma precisa e única na superfície da Terra. O georreferenciamento é fundamental em diversas aplicações, como cartografia, sistemas de informação geográfica (SIG), equipamentos GNSS, mapeamento geodésico, sensoriamento remoto, navegação e muitos outros campos em que a localização espacial é relevante. É uma ferramenta essencial para garantir a precisão e a confiabilidade das informações geoespaciais.

De acordo com a Norma Técnica para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais, considera-se vértice de limite entre imóveis rurais como sendo “o ponto onde a linha limítrofe do imóvel rural muda de direção ou onde existe intersecção desta linha com qualquer outra linha limítrofe de imóvel contíguo”. Deste modo, os segmentos de reta definidos pelos referidos vértices descrevem os títulos de domínio e são classificados como Limites Artificiais (LA) e Limites Naturais (LN) (Amorim et al, 2013).

Segundo Milhomem (2025), no Brasil foi aprovada a Lei nº 10.267/2001, conhecida como “Lei do Georreferenciamento. A chegada da Lei nº 10.267/2001 e a fixação das Normas Técnicas para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR), constituídas pelo INCRA, tornou obrigatório para identificação dos imóveis rurais o georreferenciamento dos vértices definidores dos seus limites. Esse instrumento evita a coincidência de áreas já delimitadas sobre

outras e tem como alvo a integração entre os sistemas de cadastro imobiliário e de registro, o que permite minimizar os conflitos de posse gerados pela ausência de elementos precisos para localização espacial e demarcação dos imóveis, bem como a usurpação de terras públicas e a formação de terras ilegais.

3.5. SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO - SGB

Um sistema geodésico de referência (SGR) é constituído por um conjunto de constantes, convenções, modelos e parâmetros que são necessários para representação matemática de grandezas geométricas e físicas associadas ao posicionamento espacial de feições e eventos. Sua materialização está associada a implantação de pontos de referência com coordenadas geodésicas definidas (IBGE, 2017).

De acordo com Campos (2018), o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), caracteriza-se pelo conjunto de estações que representam o controle horizontal e vertical necessários à localização e representação cartográfica no território brasileiro, seu estabelecimento e manutenção são atribuições do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) através de seu Departamento de Geodésia. A materialização do Sistema Geodésico Brasileiro dá-se através das Redes Geodésicas Brasileiras (RGB): Rede Horizontal, Rede Vertical e Rede Tridimensional (Rede Nacional GPS, Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC), que são formadas pelos conjuntos de estações e coordenadas geodésicas.

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 (Rodrigues, 2017; & Campos, 2018).

De acordo com Jerez et al. (2020), existe diversas possibilidades de realização de posicionamento com GNSS, de acordo com o método utilizado o mesmo pode ser classificado de diversas formas. Quando as coordenadas são determinadas em relação ao geocentro, tem-se o posicionamento absoluto, ou por ponto. As classificações podem se dar ainda em relação ao estado do objeto a ter coordenadas definidas, podendo ser estático ou cinemático. E, ainda, em relação ao processamento, podendo ser pós-processado ou em tempo real.

3.5.1. Posicionamento por ponto preciso-PPP

Dentre os diversos métodos de posicionamento com GNSS, o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) tem ganhado destaque devido à sua precisão e ampla aplicação em diferentes áreas. Esse método utiliza as observações de um único receptor, considerando efemérides precisas, monitoramentos de relógios de satélites e modelos que ajustam as observações físicas que afetam as observações, permitindo alcançar uma acurácia de poucas polegadas (da Rocha et al, 2017). Além disso, o PPP se destaca por sua capacidade de fornecimento coordenado de alta qualidade utilizando apenas um receptor, beneficiando-se da disponibilidade gratuita de informações como efemérides precisas e observações dos relógios dos satélites fornecidos pelo IGS e centros associados (Seibt, 2024).

Seibt (2024), afirma que, no Brasil, depois que foi estabelecida uma parceria entre o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o CSRS-PPP, o serviço de PPP online passou a ser disponibilizado pela diretoria de geociências do IBGE, utilizando o mesmo aplicativo computacional de processamento empregado pelo CSRS. O serviço encontra-se disponível para os usuários no site do IBGE no setor de geodésia.

IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) que faz uso do software GPSPACE desenvolvido pelo GD-NRCan para pós-processamento dos dados. A versão atual do IBGE-PPP ver. 1.05/11216/2016-04-21. Segundo da Cruz Ferreira (2022), o IBGE-PPP é o primeiro país da América Latina a oferecer este tipo de serviço. Além disso, faz uso de parâmetros próprios para determinação das coordenadas no SIRGAS2000 e emprega o modelo de velocidade para o SIRGAS – VEMOS2009 na atualização das coordenadas da época da coleta dos dados para a época 2000,4.

3.5.2. Rede brasileira de monitoramento contínuo – RBMC

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) refere-se ao conjunto de estações geodésicas, equipadas com receptores GNSS (Global Navigation Satellite Systems) de alto desempenho, que proporcionam, uma vez por dia ou em tempo real, observações para a determinação de coordenadas. (Campos, 2018).

Segundo Neves (2015), o RBMC tem por objetivo construir uma infraestrutura geodésica de referência para posicionamentos utilizando-se as modernas técnicas apoiadas no GNSS, 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. O estabelecimento da RBMC foi um passo de grande importância para a Geodésia no contexto nacional. Nava (2017), afirma que, o RBMC, sendo basicamente uma rede ativa dividida por um conjunto de pontos de coordenadas precisamente determinadas em um sistema de referência geodésico. Instalados sobre esses pontos conhecidos, operam receptores de sinais de satélite de posicionamento com sistemas de comunicação de dados. A operação pode se dar por um período ou continuamente, gerenciada por um centro operacional responsável por manter o sistema e divulgar os dados via rede.

Ainda de acordo com Neves (2015) & Nava (2017), a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) foi desenvolvida para atender à comunidade usuária que necessita de observações de fase e códigos nas ondas portadoras L1 e L2 em estações de referência, possibilitando aplicações de posicionamento relativo. Antes da RBMC, para obter coordenadas geodésicas com GNSS, era necessário utilizar dois receptores, sendo um no ponto de interesse e outro em um marco do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) próximo. Com a RBMC, os usuários passaram a contar com estações de referência que garantem maior precisão nas direções, aumento da produtividade nos levantamentos e redução de custos. Além disso, dependendo da proximidade da estação RBMC, o tempo de observação pode ser reduzido, e o uso de múltiplas estações como base contribui para uma determinação mais rigorosa.

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) faz parte do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), composto por 67 vértices, sendo 12 no Brasil. Seu uso permite alta precisão em levantamentos planimétricos e altimétricos, atendendo usuários com receptores GNSS monofrequência (L1) e possibilitando a implantação de poligonais fechados (Neves, 2015). Além disso, suas estações integram a rede de referência do SIRGAS, com coordenadas de precisão aproximada de ± 5 mm, tornando-a uma das mais precisas do mundo. Desde 1997, a RBMC também contribui para a densificação regional da rede do IGS, aprimorando a precisão de órbitas sobre o Brasil. Suas estações operam continuamente, contando com receptores e antenas geodésicas, conexão à internet e fornecidas de energia elétrica (Campos, 2018).

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. Segundo Rodrigues (2017), 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.

3.5.3. Datum geográfico

O datum geodésico é o nome que se dá ao modelo matemático adotado (descreve a forma e origem do elipsoide), e o local onde ocorre uma coincidência perfeita entre o geoide e o elipsoide constitui a origem do datum, sendo este o local onde as distorções induzidas pelo relevo se minimizam (Silva et al, 2016).

Depois da adoção de diversos países ao seu sistema de referência, foi criado na Conferência Internacional para Definição de um Datum Geocêntrico para a América do Sul, o projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul). Segundo Campos (2018), a realização inicial do sistema SIRGAS é composta por 58 estações distribuídas pelo continente Sul Americano, onde onze destas estações estão localizadas no Brasil, sendo que 23 nove delas coincidem com estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo). As coordenadas das estações SIRGAS foram determinadas através de uma campanha GPS e referidas ao ITRF (International Terrestrial Reference Frame).

De acordo com Seibt (2024), o SIRGAS 2000 foi oficializado como o novo referencial geodésico para o sistema geodésico brasileiro em fevereiro de 2005, através da resolução 01\2005 do IBGE. A adoção de um referencial geocêntrico era uma necessidade latente do Brasil, sendo que o SIRGAS 2000: Atende os padrões globais de posicionamento pelo GNSS; Garante a qualidade dos dados levantados realizados em todo o território nacional com a utilização desta tecnologia; cria um único referencial geodésico para o continente americano.

3.6. ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS

3.6.1. GNSS da marca Trimble, modelo R4:

Receptor GNSS Trimble, modelo R4 (figura 1 e 2), sistema integrado (receptor, antena, bateria e carregador) para levantamentos estáticos e cinemáticos, com 72 canais paralelos com tecnologia R-Track para rastreamento dos sinais L1/CA e L2 com suporte para WASS e EGNOS; Tecnologia de transmissão de dados sem fio, BluetoothTM, integrada; Precisão (com portadora) em levantamento estatico, horizontal de 3mm + 0,1 ppm RMS e vertical de 3,5mm + 0,4 ppm. Em levantamentos cinemáticos (RTK), 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; Memória interna de 11MB, com capacidade para armazenamento de 302h de dados (rastreamento 6 satélites em média e com taxa de gravação de 15s); Fator de proteção IP67 (suporta submersão a até 1m de

profundidade) e temperatura de operação de -40° à $+65^{\circ}\text{C}$; Possui 2 baterias, na qual apresenta autonomia de mais de 10 horas de funcionamento por bateria. Apresenta peso de apenas 1,35 kg (incluindo a bateria).

Figura 1 - Receptor GNSS Trimble, modelo R4.



Fonte: Autor.

Figura 2 - Controladora utilizada no receptor Trimble, modelo R4.



Fonte: Autor.

3.6.2. GPS da marca Garmin, modelo 76 CSx:

O Garmin, modelo 76 CSx (figura 3) é um receptor GPS portátil de alta sensibilidade, para garantir um excelente sinal até na mais fechada das matas em um dia de tempestade. Conta com tela de 256 Cores, cartão de memória micro SD™ (acompanha cartão de 128 MB), bússola eletrônica, altímetro barométrico, conectividade USB e é à prova d'água. o GPS funciona com 2 pilhas AA, proporcionando uma autonomia típica de 18 horas.

Figura 3 - Receptor GPS Garmin, modelo 76 CSx.



Fonte: Autor.

3.6.3. GNSS da marca STONEX, modelo 850+:

O GNSS STONEX, modelo 850 (Figura 4) equipado com uma placa GNSS avançada de 1408 canais e capaz de suportar várias constelações de satélites, incluindo GPS, GLONASS, BEIDOU, GALILEO, QZSS e IRNSS. Vantagens de portabilidade e velocidade de operação tornam o receptor S850 GNSS particularmente adequado para trabalho de campo em áreas de terreno complexo. O Stonex S850 está equipado com todas as conexões necessárias, tem Bluetooth integrado e funcionalidade Wi-Fi interna; possui um rádio UHF de dupla frequência interno (em opção) , 410-470 MHz. O Stonex S850 integra também o novo sistema IMU (em opção) que permite a medição inclinada (TILT) até 60 °: inicialização rápida, levantamento rápido e preciso.

Figura 4 - GNSS da Marca STONEX, modelo 850+.



Figura: Google imagens.

3.7. SOFTWARE DE PÓS PROCESSAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS.

O software de pós-processamento integra diversas funcionalidades em um único módulo, permitindo a transferência de dados, processamento de informações coletadas, ajuste de redes geodésicas, mapeamento topográfico e controle de qualidade para levantamentos GPS, tanto em RTK quanto em pós-processamento.

Desenvolvido para ambiente Windows (95, 98, XP e NT), o software opera sem a necessidade de um hardlock ou qualquer outro dispositivo físico conectado ao computador.

Principais Funcionalidades:

- Gerenciamento de projetos para organização e processamento de dados geodésicos;
- Importação de dados coletados em levantamentos RTK e com equipamentos ópticos convencionais (estações totais e níveis digitais);
- Suporte a múltiplos sistemas de coordenadas e datum, incluindo a criação de novos sistemas personalizados;
- Compatibilidade com o formato RINEX para importação e exportação de dados;
- Processamento de linhas de base GPS para cálculos precisos de posicionamento;
- Ajuste de redes geodésicas, permitindo o refinamento das medições;
- Suporte a dados de instrumentos ópticos dos principais fabricantes do mercado;
- Edição e processamento de feições, possibilitando ajustes e correções;
- Integração com SIG (GIS), permitindo exportação para os principais softwares de geoprocessamento;
- Controle de qualidade dos dados coletados, garantindo precisão e confiabilidade;

- Geração de relatórios em formato HTML para visualização e análise dos resultados;
- Importação de Modelos Digitais do Terreno (DTM) nos formatos Grid ou TIN.

Os projetos criados no software são baseados em modelos predefinidos, que podem incluir ajustes e dados específicos, como pontos de controle. Há flexibilidade para modificar modelos existentes ou criar novos conforme necessário.

O software utiliza a estrutura de banco de dados MDB, permitindo compatibilidade com o Microsoft Access. Além disso, oferece suporte ao pós-processamento de dados GPS nas frequências L1 e L2, garantindo um processamento completo dos ciclos de sinal.

Recursos Relacionados aos Sistemas de Coordenadas:

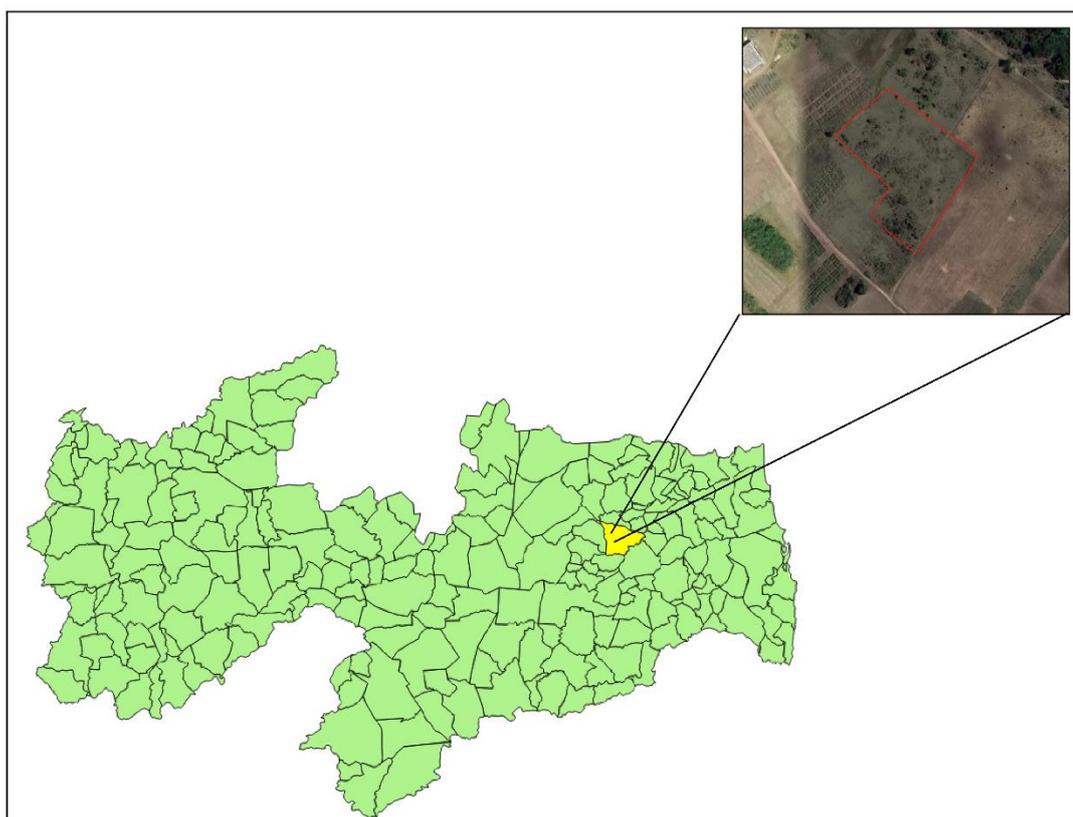
- Calibração geodésica baseada em até 80 pontos GPS, podendo ser realizada tanto em campo (via coletor de dados) quanto no escritório (via software de pós-processamento);
- Trabalho com modelos geoides predefinidos ou personalizados, ajustáveis durante a calibração;
- Possibilidade de excluir observações específicas para aprimorar a precisão do processamento final;
- Exibição de observações no formato vetorial, permitindo a simplificação dos relatórios gerados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi conduzido na área do Setor da Engenharia Rural, inserida na Fazenda Experimental Chã de Jardim da Universidade Federal da Paraíba, UFPB/CCA, município de Areia, no Estado da Paraíba (figura 5), tendo sua posição central definida pelas Coordenadas UTM 197.907,18 m (E) e 9.228.815,40 m (N), adotado o Datum SIRGAS 2000 Zona 25S.

Figura 5 - Localização da área de Estudo.



Fonte: Autor.

A área do Setor da Engenharia Rural está cercada com estacas de sabiá, onde nas quais foram identificadas, no topo, com garrafas PET pintadas de vermelho) (figura 6).

Figura 6 - Identificação da área da Engenharia Rural-CCA/UFPB.



Fonte : Autor.

4.2. MATERIAIS

4.2.1. Equipamentos utilizados no levantamento

No presente trabalho, foram utilizados três equipamentos sendo dois receptores geodésicos e um receptor de navegação, a saber: o GNSS Trimble, modelo R4, L1 / L2, o GNSS da Marca STONEX, modelo 850+ e o GPS de navegação Garmin, modelo 76 CSx.

Para a montagem dos equipamentos GNSS foram utilizados diversos acessórios, como: Bipé, Tripé, baliza, baterias, base niveladora e antenas de rádio.

4.3. METODOLOGIA

Para avaliar a precisão dos receptores foram realizados três diferentes tipos de testes: O primeiro teste consistiu na coleta de dados utilizando o GNSS RTK corrigindo os dados coletados nos vértices pelo Marco-003, o segundo teste consistiu na coleta de dados utilizando o GNSS Trimble, modelo R4 L1/L2, ocupando um tempo de 60 segundos em cada vértice e ajustando os dados pela estação RBMC-IBGE e o terceiro teste consistiu na coleta de dados dos

vértices, utilizando o GPS de Navegação Garmin, modelo 76CSx ocupando 60 segundos em cada vértice.

4.3.1. Coleta dos dados

Para avaliar a precisão dos receptores foram realizados três diferentes tipos de testes: O primeiro teste consistiu na coleta de dados utilizando o GNSS da Marca STONEX modelo 850+ pelo método RTK convencional, com a base instalada no marco geodésico a rede geodésica do CCA-UFPB, pelo Marco-003, o segundo teste consistiu na coleta de dados utilizando o GNSS Trimble, modelo R4, ocupando um tempo de 60 segundos em cada vértice e ajustando os dados pela estação PBCG, da RBMC-IBGE e o terceiro teste consistiu na coleta de dados dos vértices, utilizando o GPS de Navegação modelo Garmin 76CSx ocupando 60 segundos em cada vértice.

Inicialmente foram utilizados os equipamentos os GNSS Trimble, modelo R4 e o GPS Garmin, modelo 76CSx, (figura 7). O GNSS Trimble foi configurado para coletar os dados dos vértices com ocupação de 60 segundos em cada vértice. Foi instalado em um bipé para fixar o PDOP, este processo levou 8 (oito) minutos (figura 8). Os dados obtidos com o receptor GNSS geodésico Trimble, foram ajustados efetuando o pós-processamento, a partir do Software Trimble® Business Center. (TBC). O GPS Garmin, foi posicionado nos vértices com ponto absoluto, e foi utilizado o software TrackMaker 13.8 para realizar a transferências dos dados para o computador.

Figura 7 - Controladora GNSS Trimble, modelo R4 e GPS Garmin, modelo 76CSx.



Fonte: Autor.

Figura 8 - Receptor Trimble, modelo R4 instalado para fixar o PDOP.



Fonte: Autor.

O equipamento foi configurado para coletar dados a cada segundo, sendo instalado no bastão a 1,50 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 Cube-A para transferências dos dados coletados para o computador.

Em todos os tratamentos, os receptores operaram com base no Datum geocêntrico SIRGAS 2000 obtendo coordenadas planas.

A partir das informações obtidas nos vértices da área de estudo, pelos receptores de navegação e geodésicos, os mapas foram gerados, a partir de um Sistema de Informação Geográfica de uso Livre QGIS versão 2.18, em seguida utilizou-se a Planilha Eletrônica Excel para análise e comparação dos resultados.

4.3.2. Execução dos serviços de escritório

4.3.2.1. Descrição geral dos trabalhos

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

4.3.2.2. Ajustamento das coordenadas

As coordenadas do vértice (Marco 003) BASECHAJARDIM, foram obtidas com a utilização do Receptor Trimble, modelo R4 em modo estático (figura 9) e o ajustamento das coordenadas foi realizado a através da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS), bem como do Processamento de Ponto Preciso - PPP-IBGE.

Figura 9 - Obtenção das coordenadas do Marco 003 (BASECHAJARDIM).



Fonte: Autor.

4.3.2.2.1. *Processamento dos pontos definidores do perímetro*

O ajustamento dos vértices definidores do perímetro do imóvel, foi realizado a partir do Marco-003 BASECHAJARDIM, 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 GNSS para computador através de cabo de comunicação (USB). O Software utilizado para realizar esta atividade foi o TBC (Trimble® Business Center) (Figura 10).

Figura 10 - Software Trimble Business Center.



Fonte: Trimble.

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

4.3.2.3. Ajustamento dos dados coletados.

O ajustamento dos dados coletados pelos GNSS foi realizado a partir da Estação de Referência PBCG, pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, homologadas pelo IBGE, o ANEXO III mostra os dados da base PBCG.

4.3.2.4. Descrição dos serviços executados

1- Transporte de coordenadas para o Marco-003 (BASECHAJARDIM), a partir da RBMC de Campina Grande–PB, 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-003 (BASECHAJARDIM), 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 GNSS;

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

4.3.3. Deslocamento entre coordenadas

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

$$D = \sqrt{(x_i - x_{ref})^2 + (y_i - y_{ref})^2} \quad (1)$$

Onde:

- D = Deslocamento entre a posição medida e a posição real;
- x_i e y_i = Coordenadas medidas pelo equipamento GNSS;
- x_{ref} e y_{ref} = Coordenadas reais do ponto.

4.3.4. Deslocamento Médio

O cálculo do deslocamento médio foi realizado com base na diferença entre as coordenadas obtidas pelos receptores GNSS e as coordenadas reais previamente conhecidas dos pontos de controle. Considerando que o posicionamento é feito em um plano bidimensional (coordenadas Este e Norte), utilizou-se a fórmula da distância euclidiana para determinar o deslocamento individual em cada ponto:

Após o cálculo do deslocamento para cada ponto medido, obteve-se o deslocamento médio por equipamento, calculando-se a média aritmética simples:

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. IMPLANTAÇÃO DO MARCO GEODÉSICO

Na Fazenda Chã de Jardim foi implantado o Marco Geodésico (M-003) (Figura 11), denominado BASECHAJARDIM, onde a este ponto foi corrigido por dois métodos, pelo Posicionamento por Ponto Preciso do IBGE (PPP-IBGE) (ANEXO I) e pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) dos Sistemas GNSS (ANEXO II), 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.

Figura 11 - Marco Geodésico – M003 – implantado na Estação Chã de Jardim .



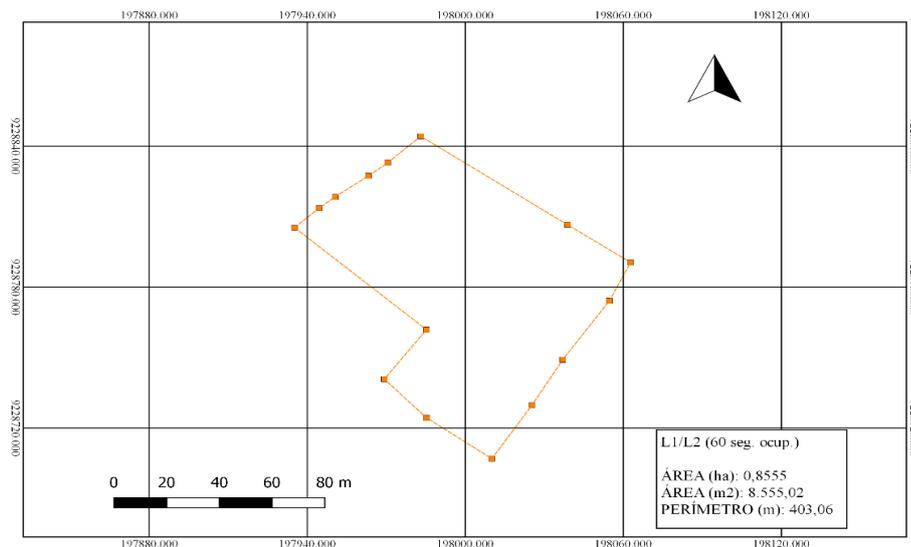
Fonte: Neto, J. S. P (2024).

5.2. COLETA DE DADOS NOS VÉRTICES DA ÁREA DE ESTUDO

Uso do GNSS Modelo Trimble R4:

Observa-se que o equipamento Trimble, modelo R4, com a ocupação de 60 segundos em cada vértices (figura 12), foi quem mais se aproximou dos valores obtidos pelo GNSS de referência, obtendo uma área de 8.555,02 metros quadrados, apresentando apenas 23,16 metros quadrados a menos ou 0,271% de desvio da área de referência.

Figura 12 - Mapa Planimétrico – Equipamento Trimble, modelo R4.

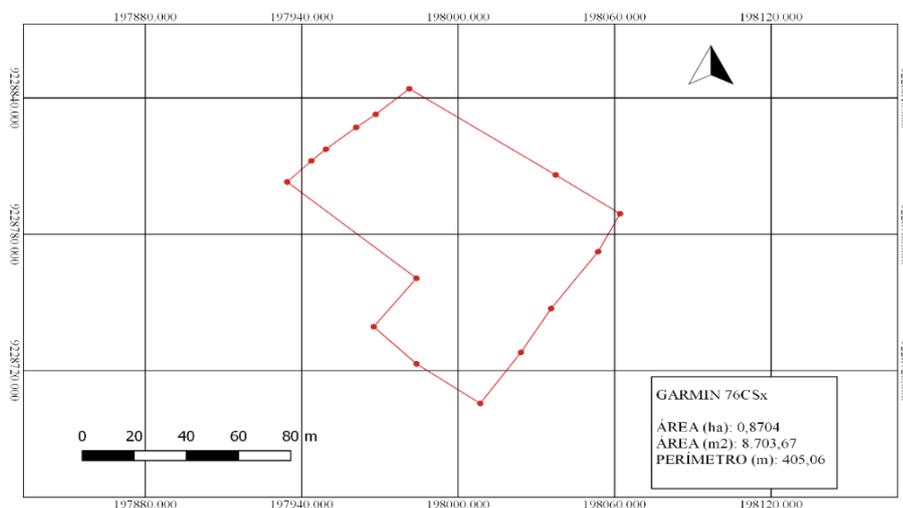


Fonte: Autor.

Uso do GPS de Navegação Garmin 76CSx:

Como esperado o GPS de navegação modelo Garmin 76CSx sem antena externa apresentou o desvio mais elevado obtendo uma área de 8.703,67 metros quadrados (figura 13) e um desvio da área de referência de 171,81 metros quadrados a mais ou 2,014% a mais, um valor considerável quando comparado a um lote urbano. Neste caso a utilização do receptor Garmin 76CSx em uma área dez vezes maior o erro poderia chegar a mais de 1.700 metros quadrados.

Figura 13 - Mapa Planimétrico – Equipamento utilizado GARMIN 76 CSx.

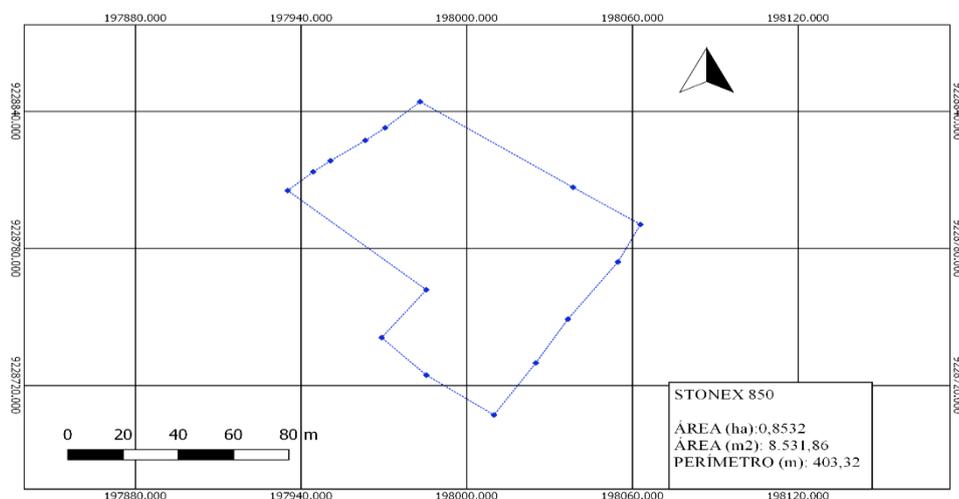


Fonte: Autor.

Uso do GNSS RTK - GNSS da Marca STONEX modelo 850⁺:

O receptor GNSS da Marca STONEX modelo 850⁺ foi considerado como referência e com os dados coletados, obteve-se uma área de 0,8532 ha ou 8.531,86 m² e perímetro de 403,32 m (Figura 14).

Figura 14 - Mapa Planimétrico – Receptor Marca STONEX modelo 850⁺.



Fonte: Autor.

Após a transferência das coordenadas e realizada 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 1, mostra os valores de longitude, latitude em UTM dos vértices coletados com os receptores geodésicos e navegação.

Tabela 1 - Lista dos pontos coletados.

Vértice	GNSS STONEX modelo 850 ⁺		GNSS Trimble R4 L1 / L2 (60 segundos de ocupação)		Garmin 76CSx	
	Direção E	Direção N	Direção E	Direção N	Direção E	Direção N
v1	197.983,110	9.228.844,236	197.983,056	9.228.844,184	197.981,293	9.228.844,122
v2	198.038,505	9.228.806,730	198038,787	9.228.806,576	198.037,396	9.228.806,173
v3	198.062,934	9.228.790,491	198062,760	9.228.790,490	198.062,133	9.228.789,099
v4	198.054,789	9.228.774,105	198054,717	9.228.774,139	198.053,692	9.228.772,380
v5	198.036,657	9.228.749,068	198036,978	9.228.749,078	198.035,670	9.228.747,331
v6	198.025,011	9.228.729,856	198025,323	9.228.729,768	198.024,103	9.228.728,071
v7	198.009,859	9.228.707,070	198010,086	9.228.706,957	198.008,494	9.228.705,578
v8	197.985,372	9.228.724,527	197985,302	9.228.724,343	197.984,052	9.228.722,996
v9	197.969,168	9.228.740,928	197969,208	9.228.740,806	197.967,616	9.228.739,330
v10	197.985,371	9.228.761,876	197985,241	9.228.761,879	197.984,010	9.228.760,687

v11	197.935,126	9.228.805,373	197935,121	9.228.805,349	197.934,443	9.228.803,099
v12	197.944,421	9.228.813,539	197944,489	9.228.813,578	197.943,724	9.228.812,393
v13	197.950,612	9.228.818,363	197950,587	9.228.818,433	197.949,265	9.228.817,480
v14	197.963,267	9.228.827,281	197963,281	9.228.827,377	197.960,898	9.228.827,093
v15	197.970,442	9.228.832,795	197970,553	9.228.832,981	197.968,391	9.228.832,851

Fonte: Autor.

Com o software QGIS, foram gerados os resultados mapas planimétricos, bem como suas respectivas áreas e perímetros.

A Tabela 2 mostra a relação das áreas calculadas em metros quadrados e em hectares, onde utilizou-se como referência o resultado obtido pelo Receptor GNSS Marca STONEX modelo 850⁺.

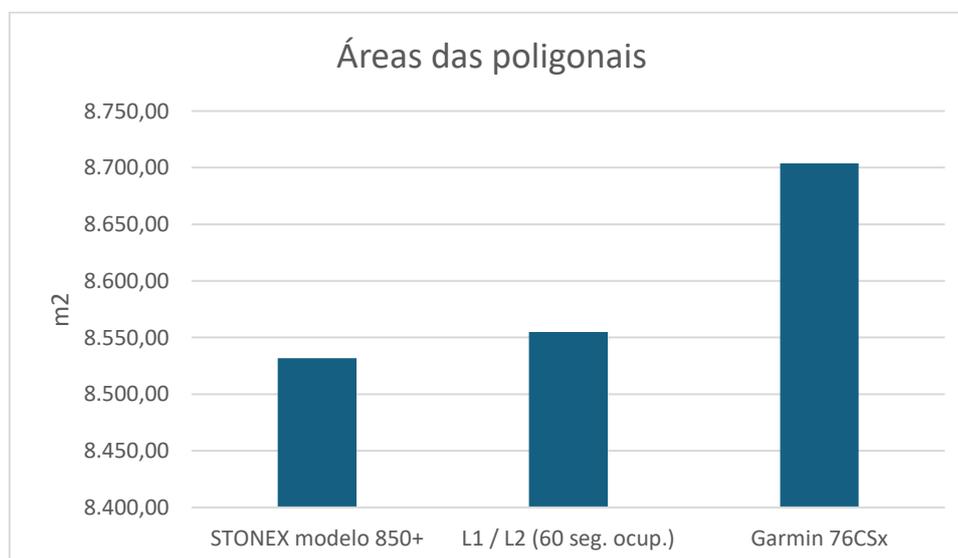
Tabela 2 - Áreas obtidas a partir dos equipamentos utilizados.

RECEPTOR GNSS	ÁREA		DIFERENÇA m ²	DIFERENÇA (ha)	DIFERENÇA %
	m ²	ha			
STONEX modelo 850 ⁺	8.531,86	0,853	-		-
L1 / L2 (60 seg. ocup.)	8.555,02	0,856	23,16	0,003	0,271
Garmin 76CSx	8.703,67	0,870	171,81	0,014	2,014

Fonte: Autor.

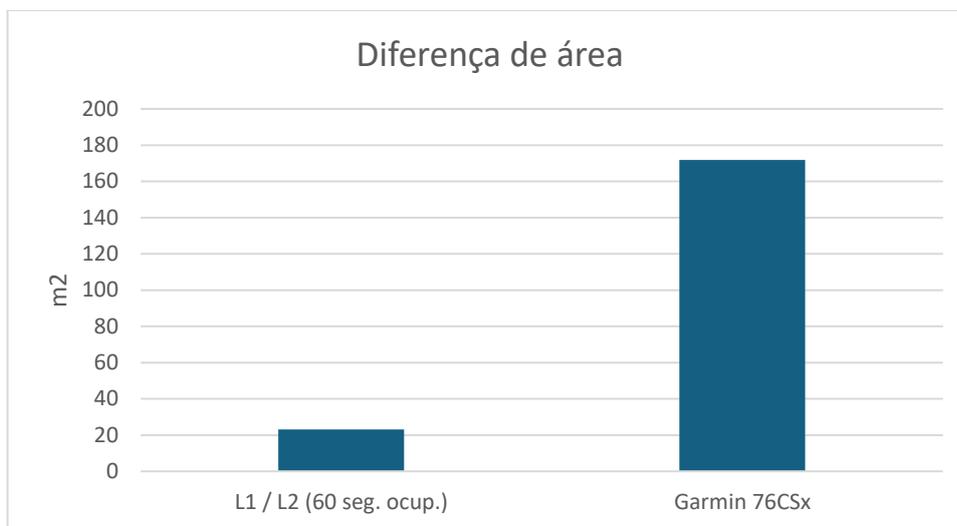
As Figuras 15 e 16 mostram a os valores das áreas em metros quadrados para os três equipamentos, bem como suas respectivas variações.

Figura 15 - Representação gráfica das áreas levantadas com diferentes receptores.



Fonte: Autor.

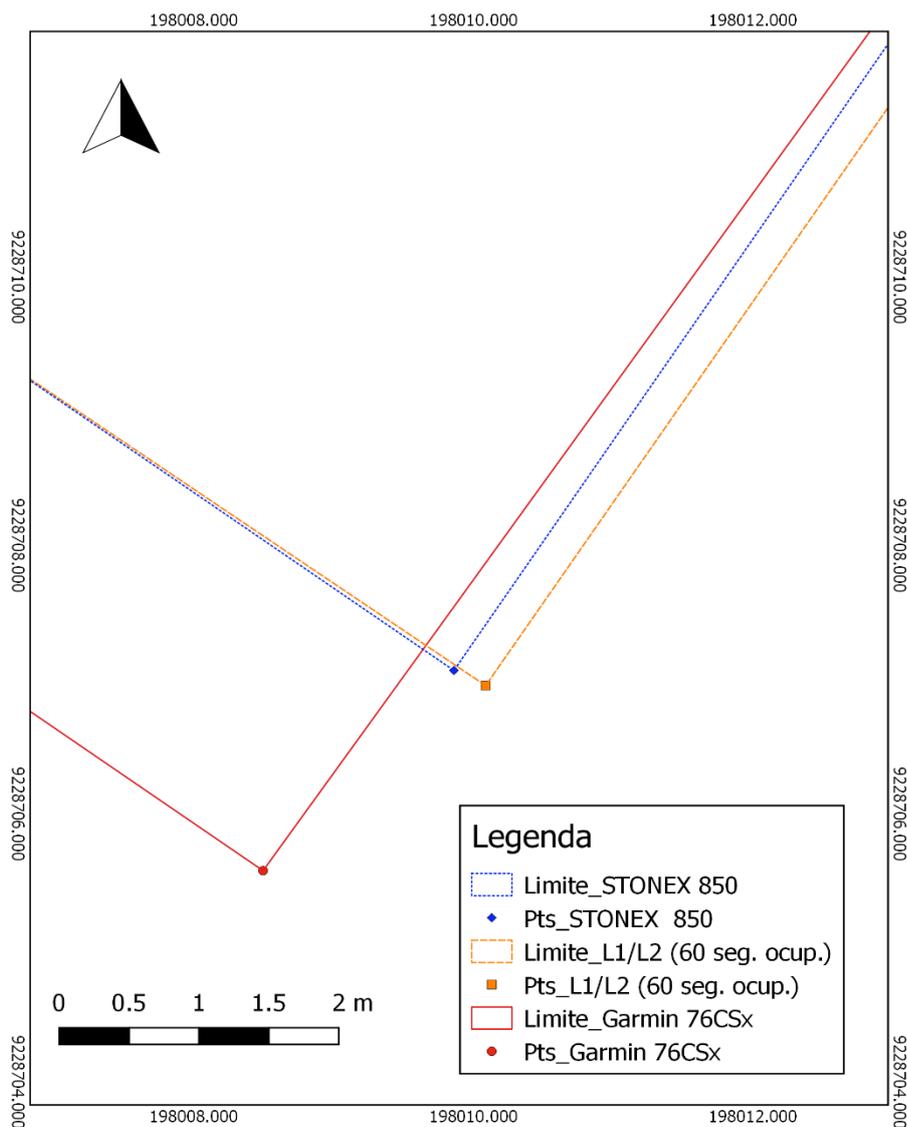
Figura 16 - Representação gráfica da diferença da área obtida por cada receptor tomando o STONEX modelo 850+ como referência.



Fonte: Autor.

Com o software QGIS os mapas foram sobrepostos para comparação do deslocamento dos vértices a figura 17. A qual mostrou que os receptores geodésicos ficam próximos, enquanto o receptor de navegação apresenta clara diferença nas feições do mapa.

Figura 17 - Comparação entre as poligonais.



Fonte: Autor.

Avaliou-se também o perímetro das poligonais levantadas, novamente tomando como referência o STONEX modelo 850⁺, os valores podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores do perímetro calculado com QGIS 2.18.

EQUIPAMENTO	PERIMETRO (m)	DIFERENÇA (m)
STONEX modelo 850 ⁺	403,32	-
L1/L2 (60 seg. ocup.)	403,06	-0,26
GARMIN 76CSX	405,06	+2,26

Fonte: Autor.

Observa-se que os valores ficaram muito próximos, não ocorrendo uma variação significativa, para trabalhos que requeiram alta precisão, o GPS GARMIN 76 CSx sem antena externa deve ser excluído, pois apresentou um erro de aproximadamente 2,26 metros em relação a medida de referência.

Foi calculada a diferença dos 15 vértices com a Equação 1 (tabela 4), como esperado os receptores de maior tecnologia obtiveram melhores resultados como mostra a tabela 5.

Tabela 4 - Diferença entre os vértices.

GNSS Trimble, modelo R4 (60 seg. de ocup.)					GPS Garmin, modelo 76CSx				
ID	Diferença entre os pontos				ID	Diferença entre os pontos			
	Este	Norte	D	Deslocamento (metros)		Este	Norte	D	Deslocamento (metros)
v1	0,054	0,052	0,07	0,01	v1	1,817	0,114	1,82	3,31
v2	0,282	0,154	0,32	0,10	v2	1,109	0,557	1,24	1,54
v3	0,174	0,001	0,17	0,03	v3	0,801	1,392	1,61	2,58
v4	0,072	0,034	0,08	0,01	v4	1,097	1,725	2,04	4,18
v5	0,321	0,01	0,32	0,10	v5	0,987	1,737	2,00	3,99
v6	0,312	0,088	0,32	0,11	v6	0,908	1,785	2,00	4,01
v7	0,227	0,113	0,25	0,06	v7	1,365	1,492	2,02	4,09
v8	0,07	0,184	0,20	0,04	v8	1,32	1,531	2,02	4,09
v9	0,04	0,122	0,13	0,02	v9	1,552	1,598	2,23	4,96
v10	0,13	0,003	0,13	0,02	v10	1,361	1,189	1,81	3,27
v11	0,005	0,024	0,02	0,00	v11	0,683	2,274	2,37	5,64
v12	0,068	0,039	0,08	0,01	v12	0,697	1,146	1,34	1,80
v13	0,025	0,07	0,07	0,01	v13	1,347	0,883	1,61	2,59
v14	0,014	0,096	0,10	0,01	v14	2,369	0,188	2,38	5,65
v15	0,111	0,186	0,22	0,05	v15	2,051	0,056	2,05	4,21

Fonte: Autor.

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

EQUIPAMENTOS	DIFERENÇA MÉDIA DOS PONTOS		DESLOCAMENTO MÉDIO (m)
	Este	Norte	
STONEX modelo 850+	0	0	0
Trimble R4	0,127	0,0784	0,1492
Garmin 76CSx	1,2976	1,1778	1,7595

Fonte: Autor.

Observa-se que, o maior deslocamento encontrado foi para o GPS Garmin 76 CSx sem antena externa, apresentando um deslocamento de 1,7595 metros, tendo maior variação no eixo Y de 1,1778 metros.

O receptor Garmin 76CSx foi o que apresentou o par de coordenadas (x,y) que mais se distanciou da referência, com variação de 1,552 m e 1,598 m para Longitude e Latitude respectivamente. Levando isso em conta, com a mesma tendência de comportamento dados no trabalho de Rodrigues (2017) os quais perceberam que os valores de latitude foram sempre maiores que os de longitude.

Para os receptores geodésicos a observação de Rodrigues (2017) 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.

6. CONCLUSÃO

O principal objetivo deste trabalho consistiu em analisar a precisão de diferentes receptores GNSS de precisão e um de navegação, utilizados para coletar dados em levantamentos topográficos planimétricos

As estimativas de área obtidas por receptores de navegação apresentam resultados próximos aos dos receptores geodésicos. No entanto, seu uso deve ser criterioso em atividades que exijam maior exatidão nas medições.

O receptor geodésicos L1/L2, com ocupação de 60 segundos em cada vértice, apresentou resultado significativo, mostrando-se muito preciso, expressando um deslocamento de 14,92 centímetros em relação ao modelo STONEX modelo 850⁺ RTK que foi adotado como referência.

Os resultados obtidos com o GPS de navegação, demonstraram que o equipamento não apresenta alta precisão espacial, podendo expressar erros considerados extravagante e não permitindo corrigir as coordenadas posteriormente.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, Amilton et al. **Utilização de VANT para o georreferenciamento de imóveis rurais**. I Seminário Internacional UAV, v. 1, p. 1-12, 2016.
- AQUINO, Eduardo da Rosa. **Análise do impacto da precisão posicional de equipamentos móveis sobre resultados de produção**. 2021.
- ARAÚJO, Lucas Raimundo da Silva. **Acurácia de levantamento topográfico realizado com receptores de navegação**. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133: Norma de Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro, 1994. 35 p
- CAMPELO, Mateus Silva et al. **ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO REALIZADO COM REAL TIME KINEMATIC (RTK) E VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) NO MUNICÍPIO DE ALTAMIRA/PA**. Revista Contemporânea, v. 4, n. 12, p. e6909-e6909, 2024.
- CAMPOS, Tássio Rogério Borja. **ESTIMATIVA DE VOLUME DE ÁGUA EM AÇUDE RURAL UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS**. 2018.
- CARDOSO, Emanuel Ferreira et al. **Análise comparativa de precisão e eficiência no levantamento topográfico realizado por Teodolito e Estação total**. 2020.
- DA CRUZ FERREIRA, Raissa et al. **Análise comparativa da acurácia posicional proporcionada por plataformas de processamento de dados gps no posicionamento relativo e por ponto preciso**. Rev. Bras. Cartogr, v. 74, n. 1, 2022.
- DA ROCHA, Rodrigo Santos Mendes et al. **Avaliação do efeito da cintilação ionosférica e de diferentes intervalos de tempo de coleta de dados no posicionamento por ponto preciso na sua forma on-line**. Revista Brasileira de Geomática, v. 5, n. 2, p. 251-276, 2017.
- IBGE. **Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos Associados ao Sistema Geodésico Brasileiro**. 2017.
- IBGE. **SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE – GNSS**. Disponível em: <https://atlascolar.ibge.gov.br/cartografia/21971-sistema-global-de-navegacao-por-satelite-gnss.html>. Acesso em: 20 de abril de 2025.
- JEREZ, Gabriel Oliveira et al. **Análise do Posicionamento por Ponto Preciso com Dados GPS e GLONASS em Diferentes Latitudes**. Anuário do Instituto de Geociências, v. 43, n. 4, 2020.
- MILHOMEM, Laís Virginia da Silva Marinho. **Levantamento de Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 2025.
- NAVA, ARIEL PAULO. **DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO PARA O GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS**. 2017.

NEVES, LEDEMIR MARTINELLI. **Precisão posicional de coordenadas obtidas por GNSS pelos métodos PPP e relativo.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões–URI Erechim, 2015.

NOGUEIRA, Danilo Batista. **Avaliação da acurácia do cálculo de volume a partir de diferentes métodos de levantamento topográfico.** 2016.

PEREIRA, Pedro Alexandre Gomes da Silva. **Revisão da literatura aprofundada e atual sobre o Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS).** 2023. Tese de Doutorado.

RODRIGUES, João Pedro Chaves da Silva. **ANÁLISE COMPARATIVA DE RECEPTORES DE POSICIONAMENTO POR SATÉLITE PARA LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO DE IMÓVEIS RURAIS.** 2017.

SEIBT, Alessandro Matheus. **Levantamento topográfico planialtimétrico: estudo de caso entre métodos de levantamento de uma propriedade rural.** 2024.

SILVA, Ana Nobre et al. **Sistemas de informação geográfica: análise espacial.** DGRM, Lisboa, Portugal, 2016.

SILVA, Bruno Ferreira. **Estudo comparativo de GNSS e Estação Total no levantamento topográfico.** 2017.

SILVA, Pedro Luis Araújo et al. **Controle de interferências intencionais em sinais GPS usando a análise em componentes independentes.** 2015.

SOUZA, Kéilton Silva de et al. **Validação de um Monitor GPS de Baixo Custo para Monitoramento de Sinais de Satélites na Banda L1.** 2022.

TAVARES, Daniel Corcino. **Desenvolvimento de metodologia para levantamento topográfico com aplicação em pavimentação urbana.** 2023.

ANEXO A – PROCESSAMENTO DO MARCO BASECHAJARDIM



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: basechajardim

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS	2022/04/12 13:09:30,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS	2022/04/12 18:55:15,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	NÃO DISPONÍVEL
Órbitas dos satélites: ¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	5,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	1,417
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	0,88 GPS 1,50 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,64 GPS 0,65 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (E a que deve ser usada) ⁴	-6° 58' 05,0523"	-35° 44' 04,5743"	613,32	9228905.559	197827.582	-33
Na data do levantamento ⁵	-6° 58' 05,0442"	-35° 44' 04,5766"	613,32	9228905.807	197827.510	-33
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,002	0,005	0,006			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	hgeoHNOR_IMBITUBA	
Fator para Conversão (m):	-4,24	Incerteza (m): 0,08
Altitude Normal (m):	617,56	

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

Fonte: PPP-IBGE (2025).

ANEXO B - RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO DAS LINHAS DE BASE

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)	
PBCG --- basechajardim (B1)	PBCG	basechajardim	Fixo	0,013	0,045	35°04'10"	33182,428	79,226

Resumo da aceitação			
Processado	Passado	Sinalizador	Falha
1	1	0	0

PBCG - basechajardim (10:09:15-15:55:00) (S1)

Observação de linha de base:	PBCG --- basechajardim (B1)
Processado:	11/02/2025 10:30:26
Tipo de solução:	Fixo
Frequência usada:	Apenas L1
Precisão horizontal:	0,013 m
Precisão vertical:	0,045 m
RMS:	0,040 m
PDOP máximo:	2,229
Efeméride usada:	Transmissão
Modelo da antena:	Calibração da Trimble
Hora de início do processamento:	12/04/2022 10:09:15 (Local: UTC-3hr)
Hora de fim do processamento:	12/04/2022 15:55:00 (Local: UTC-3hr)
Duração do processamento:	05:45:45
Intervalo de processamento:	15 segundos

Componentes do vetor (Marca a Marca)

De:	PBCG					
	Quadrícula		Local		Global	
Direção leste	178917,588 m	Latitude	57°12'49,24013"	Latitude	57°12'49,24013"	
Direção norte	9201606,164 m	Longitude	035°54'25,69568"	Longitude	035°54'25,69568"	
Elevação	534,100 m	Altura	534,100 m	Altura	534,100 m	

Para:	basechajardim					
	Quadrícula		Local		Global	
Direção leste	197827,609 m	Latitude	56°58'05,05492"	Latitude	56°58'05,05492"	
Direção norte	9228905,478 m	Longitude	035°44'04,57344"	Longitude	035°44'04,57344"	
Elevação	613,326 m	Altura	613,326 m	Altura	613,326 m	

Vetor					
	18910,021 m	Azimute de avanço NS	35°04'10"		13938,916 m
	27299,314 m	Distância do elip.	33182,428 m		13448,021 m
	79,226 m		79,226 m		26946,867 m

Erros padrão

Erros de vetor:					
	0,005 m		0°00'00"		0,018 m
	0,004 m		0,005 m		0,015 m
	0,023 m		0,023 m		0,006 m

Matriz de covariância a posteriori (Metro²)

	X	Y	Z
X	0,0003122506		
Y	-0,0002329718	0,0002174894	
Z	-0,0000701918	0,0000603202	0,0000316054

Ocupações

	De	Para
ID do ponto:	PBCG	basechajardim
Arquivo de dados:	C:\Users\home\Desktop\Severino J. Duarte_2025_TCC\Estação Experimental chá de Jardim\base cha de jardim\projeto cha de jardim\pbcg1021.22o	C:\Users\home\Desktop\Severino J. Duarte_2025_TCC\Estação Experimental chá de Jardim\base cha de jardim\projeto cha de jardim\14661020.T01
Tipo de receptor:	NetR5	R4
Número de série do receptor:	4651K03604	5107461456
Tipo de antena:	Zephyr Geodetic 2	R4 Internal
Número de série da antena:	30260461	-----
Altura da antena (medida):	0,008 m	1,475 m
Método da antena:	Base da montagem da antena	Centro do ressalto amarelo

Fonte: RBMC-IBGE

ANEXO C – RELATÓRIO DE INFORMAÇÃO DA ESTAÇÃO PBCG



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

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC
 Data: 03/04/2008
 Atualização: 26/04/2024 - Troca de equipamento

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: CAMPINA GRANDE
 Ident. da Estação: PBCG
 Código SAT: [92447](#)
 Código Internacional: 41656M001

2. Informação sobre a localização

Cidade: Campina Grande
 Estado: Paraíba

Informações Adicionais: Cilíndrico de concreto medindo 1,40 m de altura e 0,20 m de diâmetro, elevado sobre plataforma de concreto medindo 0,80 m x 0,80 m, por 0,20 m de altura. Possui no topo um pino de centragem forçada. Na laje superior do bloco CM pertencente a coordenação de Engenharia. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) - Rua Aprígio Veloso, 882 Bairro Bodocongó.

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	- 07° 12' 49,24013"	Sigma:	0,001 m
Longitude:	- 35° 54' 25,69568"	Sigma:	0,001 m
Alt. Elip.:	534,100 m	Sigma:	0,004 m
Coordenadas Cartesianas			
X:	5.125.899,4249 m	Sigma:	0,003 m
Y:	-3.711.505,6292 m	Sigma:	0,002 m
Z:	-795.650,6201 m	Sigma:	0,001 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	9.201.606,164 m		
UTM (E):	178.917,588 m		
MC:	-33		

Fonte: RBMC-IBGE