

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL – UAEC  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

IVENS LORRAN CLEMENTE DE LACERDA

**AFERIÇÃO DO MARCO GEODÉSICO HOMOLOGADO PELO IBGE LOCALIZADO  
NA UFCG, CAMPUS CAMPINA GRANDE**

Campina Grande  
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – CTRN  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL – UAEC  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

IVENS LORRAN CLEMENTE DE LACERDA

**AFERIÇÃO DO MARCO GEODÉSICO HOMOLOGADO PELO IBGE LOCALIZADO  
NA UFCG, CAMPUS CAMPINA GRANDE**

Trabalho de Conclusão de Curso da  
Universidade Federal de Campina Grande –  
UFCG com intuito da obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil, sob  
orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabelle Marie  
Trindade Bezerra

Campina Grande

2017

## RESUMO

A necessidade do homem de entender sobre o espaço em que habita estimulou o surgimento da Geodésia. Essa ciência tem fornecido importantes contribuições ao longo dos anos em diversas áreas, incluindo a Engenharia Civil, agregando novos dados e aplicações indispensáveis para a melhoria da qualidade de vida da sociedade. Dentre essas aplicações, encontram-se os marcos geodésicos. Administrados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, eles são referências importantes para diversos estudos e projetos no âmbito da engenharia, uma vez que os mesmos fornecem valores precisos de localização geográfica e altimetria. Desse modo, o objetivo principal desse trabalho foi verificar a precisão dos dados planimétricos e altimétricos do marco de RN 1832G localizado na Universidade Federal de Campina Grande, campus Campina Grande. Para isso, foram realizadas coletas de dados com utilização de dois equipamentos GNSS distintos, a saber: GNSS geodésico de dupla frequência e o GNSS de navegação. Após processamento dos dados obtidos em campo, realizou-se a análise comparativa dos resultados com os dados da estação geodésica do IBGE, referentes ao marco RN 1832G. Os resultados alcançados apontam que o GPS geodésico obteve uma aproximação mais significativa a posição real do marco.

Palavras-chave: Dados planialtimétricos; Geodésia; GNSS; Referência de Nível.

## ABSTRACT

The human kind need to understand its living space stimulated the emergence of Geodesy. This science has been providing important contributions over the years to various scientific fields, including the Civil Engineering, adding new essential data and applications towards society's life quality increase. Prominent among these applications are the geodesic landmarks. Managed by the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, these landmarks are the basis to many studies and projects, once they provide us precise geographic location and altimetric values. Thus, the focus of this paper was to verify the precision of planimetric and altimetric data of the landmark RN1832G located on the Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande campus. In this regard, the data were collected with the help of two different GNSS equipment: a dual-frequency geodesic GNSS and a navigation GNSS. After processing the obtained data, a comparative analysis between the results and the data of the IBGE geodesic station, related to the RN1832G landmark, was conducted. The achieved results point out that the geodesic GPS obtained a more significant convergence to the actual position of the landmark.

Keywords: Planialtimetric data; Geodesy; GNSS; Plumb Reference.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Superfícies de referência geodésica.....	12
Figura 2: Posicionamento por ponto .....	16
Figura 3: Qualidade do PDOP .....	17
Figura 4: Posicionamento Relativo .....	18
Figura 5: Estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo .....	19
Figura 6: (A) Rede planimétrica do SGB e (B) Rede altimétrica do SGB.....	21
Figura 7: Diferença de altitude geoidal e elipsoidal.....	22
Figura 8: GNSS de navegação .....	24
Figura 9: GNSS topográfico.....	24
Figura 10: GNSS geodésico .....	24
Figura 11: GNSS RTK .....	24
Figura 12: Marco RN 1832 G.....	27
Figura 13: Localização do marco RN 1832 G .....	27
Figura 14: Dispositivo móvel do GNSS geodésico Trimble R4 .....	29
Figura 15: Instalação da base do GNSS geodésico Trimble R4 .....	29
Figura 16: Software de pós-processamento Trimble Business Center .....	29
Figura 17: GNSS de navegação Garmin Etrex 30x .....	31
Figura 18: Localização dos blocos CL e CM.....	32
Figura 19: Medição da altura do bloco CL .....	33
Figura 20: Software de interpolação de ondulação geoidal MAPGEO2015 .....	34
Figura 21: Posicionamento geográfico resultante das coletas e dos dados do IBGE .....	37
Figura 22: Posição real do marco RN 1832 G localizado no bloco CL.....	37
Figura 23: Posição real do marco RN 1832 G visto da janela do 2º andar do bloco CL ..	37
Figura 24: Dispersão das medições da coleta utilizando o GNSS de navegação.....	39
Figura 25: Resumo da oscilação dos satélites durante todo o rastreamento .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados planialtimétricos retirados do banco de dados geodésicos .....	27
Tabela 2: Dados planialtimétricos referentes a RBMC de Campina Grande .....	30
Tabela 3: Dados oriundos da coleta de dados com GNSS geodésico e de navegação .	34
Tabela 4: Tabela da diferença de altitude em relação ao marco RN 1832G .....	36
Tabela 5: Informações sobre precisão da coleta de dados do GNSS geodésico.....	38

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação, equipamento utilizado e comprimento da linha de base.....	14
Quadro 2: Especificações de desempenho do GNSS geodésico Trimble R4 .....	28
Quadro 3: Especificações do GNSS de navegação Garmin Etrex 30x .....	31

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

DOP	Dilution of Precision
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Galileo	European Global Navigation Satellite System
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Position System
GTRF	Galileo Terrestrial Reference Frame
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NR	Norma Brasileira
PB	Paraíba
PDOP	Positioning Dilution of Precision
PPP	Posicionamento por Ponto Preciso
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RKT	Real Time Kinematic
RN	Referência de Nível
SAD	South American Datum
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
UTM	Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
	1.1. Objetivo Geral.....	9
	1.2. Objetivos Específicos .....	10
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
	2.1. Geodésia .....	11
	2.2. Levantamento Topográfico .....	12
	2.3. Marcos Geodésicos.....	13
	2.4. Técnicas de Posicionamento .....	15
	2.4.1. Posicionamento absoluto.....	16
	2.4.2. Posicionamento relativo.....	17
	2.5. Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC .....	19
	2.6. Sistema Geodésico Brasileiro - SGB e as coordenadas planialtimétricas.....	20
	2.7. Possíveis erros de precisão .....	22
	2.8. GNSS .....	23
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
	3.1. Materiais.....	26
	3.2. Métodos.....	26
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>34</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>



## **1. INTRODUÇÃO**

O homem, desde sempre, procura estudar sobre o espaço em que habita, buscando entender sua configuração, constituição e localização. Tal necessidade fomentou no surgimento das Ciências Geodésicas, que se ocupam na determinação da forma, das dimensões e do campo de gravidade da Terra.

Essa ciência, também chamada de Geodésia, tem fornecido importantes contribuições ao longo dos anos, como a elaboração de mapas e a espacialização dos pontos geodésicos (marcos) que servem de alicerce para estudos e projetos de obras da Engenharia, na área de Topografia, Hidrologia, dentre outras. Com a ascensão das tecnologias, a Geodésia tem crescido, agregando novos dados e aplicações indispensáveis para o incremento da qualidade de vida da sociedade, direta ou indiretamente.

A precisão de dados geodésicos é tratada com muito rigor por cientistas e demais profissionais que os utilizam, tendo em vista que se necessita manter uma confiabilidade nos dados que futuramente estarão sendo utilizados como base para diversos outros estudos ou projetos.

Os marcos geodésicos, por exemplo, são empregados em levantamentos topográficos, desde a etapa do projeto básico até as etapas de implementação do projeto definitivo. Dotados de valores de posição (latitude e longitude) e altitude, eles são construídos e administrados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que tenta controlar a propagação de erros na homologação dos marcos, a fim de apresentar valores com precisão para serem disponibilizados.

### **1.1. Objetivo Geral**

Esse estudo tem como objetivo principal verificar a precisão dos dados planimétricos e altimétricos do RN 1832G localizado na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

## **1.2. Objetivos Específicos**

- Analisar dados de posição e altimetria do RN 1832G a partir do uso do GNSS geodésico;
- Analisar dados de posição e altimetria do RN 1832G a partir do uso do GNSS de navegação;
- Comparar os dados coletados com os observados no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e com a localização real do marco, com a ajuda de alguns softwares.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Geodésia

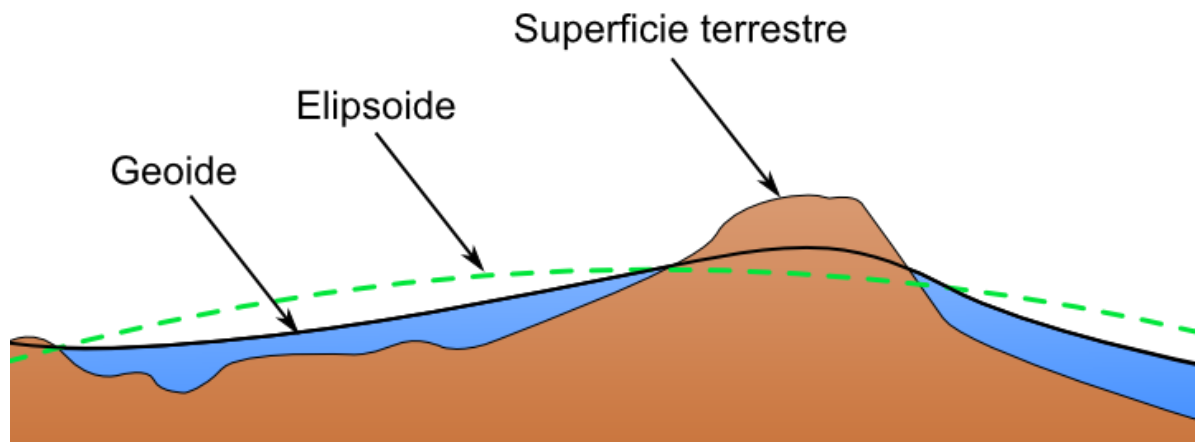
De acordo com Blitzkow (2002) e com Blitzkow e Matos (2007), a geodésia tem um objetivo clássico: estudar a forma e as dimensões da terra. No passado, as ciências geodésicas eram divididas em três áreas: física, geométrica e espacial. Porém, a correlação e interação entre elas foram alguns dos motivos para a deterioração dessa divisão. Além disso, o surgimento dos satélites artificiais tornou essa ciência mais abrangente, concedendo uma gama de aplicabilidade ainda maior, como: monitoramento de placas tectônicas, marés terrestres e movimentos verticais, estudo do campo gravitacional, etc.

O surgimento da geodésia se deu quando o homem começou a realizar as suas primeiras viagens, já que para isso, o conhecimento da forma da Terra e sua localização são aspectos indispensáveis. A partir disso, diversos filósofos e físicos começaram a estudar o formato da Terra. Pitágoras alegou que o planeta tinha um formato esférico, o que fez com que, séculos depois, Aristóteles confirmasse a teoria embasando dois fatores: a sombra circular da terra nos eclipses de lua e a variação no aspecto do céu estrelado com a latitude. Tal teoria perdurou por vários séculos, até que outras pesquisas realizadas por Isaac Newton surgiram (Blitzkow, 2002).

Newton analisou o movimento de rotação da Terra e especulou que: devido à força centrífuga, a forma desta não era esférica, e sim elipsoidal, ou seja, possuindo um achatamento nos pólos. Logo em seguida, Gauss concluiu, utilizando o método dos mínimos quadrados, que o planeta teria uma forma irregular, cheia de deformações, o geóide. Mesmo assim, o modelo elipsoidal continua sendo usado como referência para o sistema de coordenadas geodésicas (Blitzkow, 2002).

Sendo assim, segundo Freitas e Blitzkow (1999) afirma que, além da superfície formada pelo relevo topográfico (mais conhecida como superfície física), há duas outras superfícies de relevante interesse para trabalhos e pesquisas que envolvam posicionamento: a superfície elipsoidal e a geoidal. A primeira delas utiliza um modelo teórico de elipsoide de revolução e a segunda é definida como a superfície equipotencial do campo de gravidade que coincide com o nível médio não perturbado dos mares. A Figura 1 exemplifica estes modelos.

Figura 1: Superfícies de referência geodésica



Fonte: [http://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Fundamentos\\_cartograficos.html](http://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Fundamentos_cartograficos.html)

## 2.2. Levantamento Topográfico

O total conhecimento da região que será utilizada em projetos é de fundamental importância para a construção civil, devido a qualquer obra se desenvolver em função do terreno em que se assenta. Por esse motivo, a engenharia civil utiliza a Topografia como um dos seus alicerces.

Segundo Coelho Júnior et al. (2014), a Topografia é uma ciência que estuda, projeta, representa, mensura e executa uma parte limitada da superfície terrestre sem considerar a curvatura da Terra, até onde o erro de esfericidade poderá ser desprezível, e engloba também os perímetros, dimensões, localização geográfica, posição (orientação) e objetos de interesse que estejam dentro desta porção.

Para a determinação da área a ser trabalhada é realizado o levantamento topográfico, que de acordo com a NBR 13133/1994, Norma Brasileira que rege essa execução, denomina-se por:

Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados. (ABNT, 1994)

Em suma, pode-se definir como o conjunto de ações efetuadas em campo com o intuito de reunir dados para uma posterior representação. Conforme analisa Borges (2013), o levantamento pode ser dividido em planimétrico e altimétrico. No primeiro são medidas as grandezas sobre um plano horizontal e são projetadas em uma planta, já no segundo, são medidas as grandezas de um plano vertical e utiliza como representação a vista lateral, perfil, corte ou elevação.

### **2.3. Marcos Geodésicos**

O início do levantamento topográfico tem como pontos de referência os marcos geodésicos, parte fundamental da rede de referência cadastral. Esses marcos são dotados de valores de coordenadas planialtimétricas (latitude, longitude e altitude) referenciados a uma única origem: o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Eles são construídos e administrados pelo IBGE.

São considerados pontos públicos e podem ser utilizados por qualquer cidadão, servindo como referência para diversas obras da Engenharia Civil, diminuindo a propagação de erros e aumentando a velocidade das execuções dos levantamentos planialtimétricos. Sendo assim, a homologação dos marcos deve ser realizada com muita cautela e responsabilidade.

Conforme o IBGE (2016), a homologação deve ser realizada seguindo determinados principais critérios:

- Deverão ser observadas quatro sessões para a determinação do marco e a duração de cada sessão deverá ser de seis horas no mínimo. O intervalo entre as sessões será no mínimo uma hora e no máximo de quarenta e oito horas;
- A materialização deverá ser feita em solo firme e estável, ora como um marco ou pilar de concreto com chapa identificadora incrustada no seu topo, ora como pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada incrustado no topo e chapa identificadora cravada na lateral;
- A área ao redor da estação deverá ser livre de obstruções que possam interferir na captação dos sinais dos satélites;
- O intervalo de coleta dos dados deverá ser de 5 ou 15 segundos;

- A antena deve ser sempre fixada em um tripé com base nivelante ou em um marco/pilar com dispositivo de centragem forçada;
- Deve ser preenchido um descritivo do marco, contendo as seguintes informações: localização, descrição, itinerário e observações.

Porém, em casos de estudos diversos para determinação de coordenadas o IBGE (2008) relata que o tempo de ocupação indicado no Quadro 1 é o bastante para sua respectiva precisão, desde que se considere as condições e localizações favoráveis descritas:

- Coletar os dados de forma contínua;
- Locais sem interferências que possam acarretar em perdas de ciclo;
- Evitar superfícies ao redor da antena que possam provocar multicaminho;
- Evitar abalos na estrutura de suporte da antena;
- Seguir as instruções contidas no manual do equipamento; e
- Outros.

Quadro 1: Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação, equipamento utilizado e comprimento da linha de base

Linha de base	Tempo de observação	Equipamento utilizado	Precisão
00-05 km	05-10 min	L1 ou L1/L2	5-10 mm + 1 ppm
05-10 km	10-15 min	L1 ou L1/L2	5-10 mm + 1 ppm
10-20 km	10-30 min	L1 ou L1/L2	5-10 mm + 1 ppm
20-50 km	02-03 hrs	L1/L2	5 mm + 1 ppm
50-100km	Mínimo 3 hrs	L1/L2	5 mm + 1 ppm
>100 km	Mínimo 4 hrs	L1/L2	5 mm + 1 ppm

Fonte: [http://www.inde.gov.br/images/inde/recom\\_GNSS\\_internet.pdf](http://www.inde.gov.br/images/inde/recom_GNSS_internet.pdf)

A procura por esses marcos é algo primordial antes de qualquer projeto e a realização dessa atividade dificultou-se com o passar dos anos, visto que, após a homologação, não era executada uma vistoria nos descritivos. Destarte, Rodrigues et al. (2001) explana que desde 1986 o IBGE executa um trabalho de visita e conservação desses pontos, verificando o nível de destruição e efetuando possíveis recuperações.

Após a vistoria, é adicionado no descritivo a informação quanto ao estado de conservação do marco e a data da última visita. Ainda de acordo com Rodrigues et al. (2001), a conceituação para a condição dos marcos é descrita da seguinte forma:

- Bom - Chapa mantém as condições para a medição de nivelamento de precisão e não sofreu visível deslocamento;
- Destruído - Local ou marco foram completamente destruído, confirmado por vestígios, marco de profundidade ou informação segura, ou sofreram visível deslocamento;
- Destruído sem chapa - A chapa foi arrancada, mas o local ou marco permanece sem sofrer visível deslocamento;
- Destruído chapa danificada - A chapa não mantém as condições padrão para a medição de Nivelamento de precisão (Ex. chapa de folha de cobre rasgada), mas o local ou marco permanecem sem sofrer visível deslocamento;
- Não encontrado - O local ou marco não foi encontrado após procura por mais de 30 minutos, inclusive com ajuda de moradores locais. Nos casos de linhas a serem reconstruídas a visita foi repetida;
- Não visitado - O marco não foi visitado desde a medição e não houve possibilidade de deslocamento até o local da estação.

Todos esses dados que compõem o descritivo estão disponibilizados no banco de dados geodésicos do IBGE, tornando mais prático e preciso a utilização em posteriores atividades.

## **2.4. Técnicas de Posicionamento**

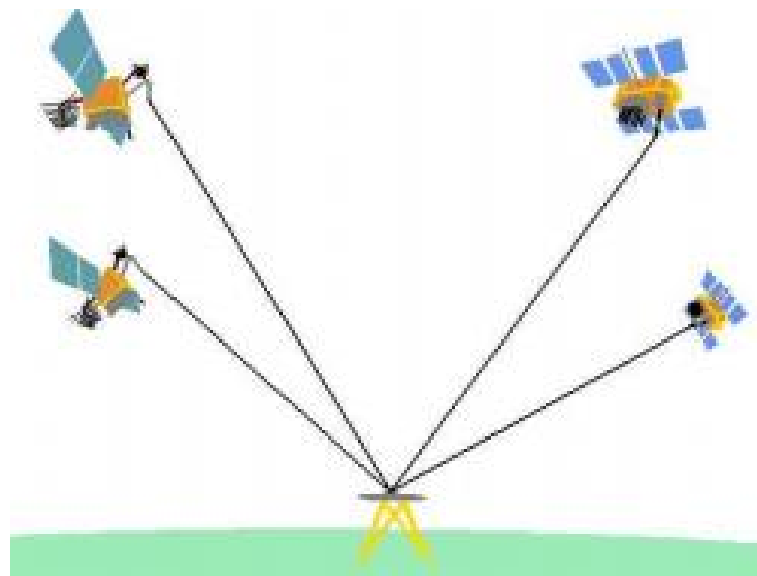
Segundo Monico (2000), o posicionamento fundamenta-se na determinação de um ponto localizado no globo terrestre através de coordenadas associadas a um referencial a escolha. Dependendo do referencial e da técnica utilizada, o posicionamento pode ser classificado em absoluto (posicionamento por ponto) ou relativo.

Almeida (2015) disserta que o receptor a ser posicionado pode ser analisado tanto em repouso quanto em movimento. Classifica-se de posicionamento estático se estiver em repouso, e de cinemático se em movimento. Tanto o posicionamento por ponto quanto o relativo podem ser usados para posicionar receptores em repouso ou em movimento.

### 2.4.1. Posicionamento absoluto

Esse tipo de posicionamento (Figura 2) tem como referência algum sistema geocêntrico, como por exemplo o SIRGAS 2000, e tem como base as efemérides transmitidas por diferentes satélites (Souza, 2006). Monico (2000) explica que é necessário a utilização de pelo menos quatro satélites, visto que, nesse rastreamento determina-se o valor de quatro parâmetros: a posição da antena (X, Y e Z) e o erro do relógio do receptor. Para essa determinação é utilizada a pseudodistância derivada do código C/A presente na portadora L1. O posicionamento por ponto apresenta a grande vantagem sobre os demais de utilizar apenas um equipamento para o rastreamento de dados.

Figura 2: Posicionamento por ponto

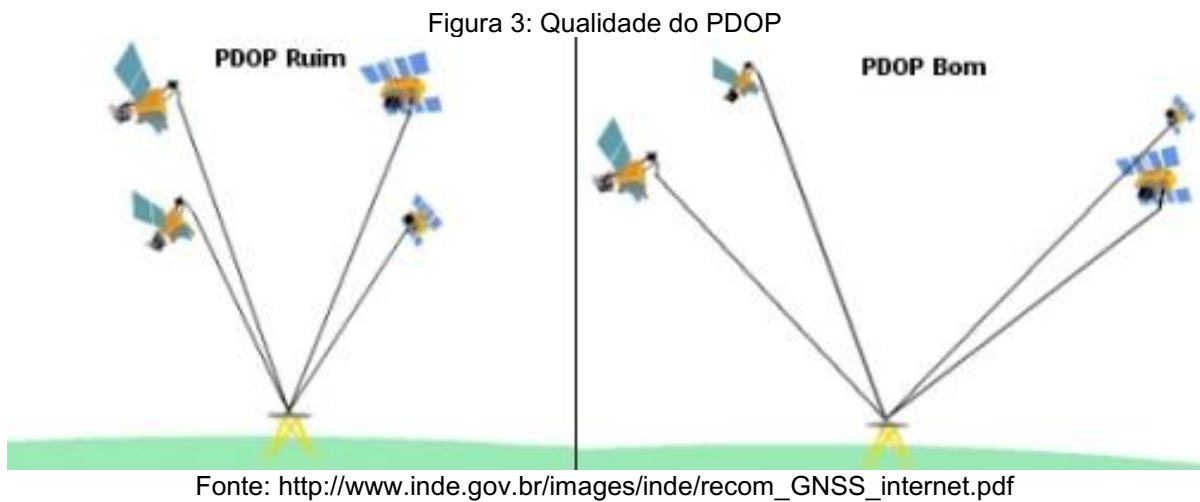


Fonte: [http://www.inde.gov.br/images/inde/recom\\_GNSS\\_internet.pdf](http://www.inde.gov.br/images/inde/recom_GNSS_internet.pdf)

Quando há a utilização da fase de ondas portadoras L1 e L2, sendo necessária cópia dos arquivos de dados do receptor para um computador para um pós-processamento em um software apropriado, esse tipo de posicionamento é classificado como PPP (posicionamento por ponto preciso). Essa técnica minimiza consideravelmente os erros causados pela atmosfera, apresentando uma melhor precisão se comparada com o posicionamento absoluto a partir apenas do código C/A.



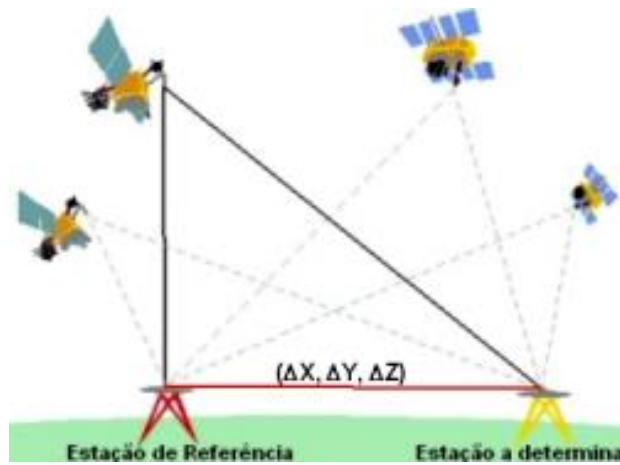
Segundo o IBGE (2008), a geometria dos satélites é um fator de relevante importância na qualidade do rastreamento, geralmente representado pelo DOP (dilution of precision – diluição da precisão). Apesar de existirem diversos tipos de DOP, no posicionamento por ponto (tridimensional) o mais significativo é o PDOP (Figura 3). Ele está relacionado com o inverso do volume do sólido formado entre as antenas do receptor e dos satélites sendo rastreados, onde volumes maiores proporcionam PDOP menores. Logo, quanto menor o seu valor, melhor a precisão esperada.



#### 2.4.2. Posicionamento relativo

Essa técnica apresenta uma maior precisão por reduzir os erros sistemáticos, já que há o envolvimento de no mínimo duas estações, que compõem a linha-base. De acordo com Collischonn et al. (2015), o método é realizado estimando os elementos que compõem essa linha ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  e  $\Delta Z$ ) e acrescentando as coordenadas da estação de referência (com coordenadas conhecidas), para assim, determinar as da estação desejada (Figura 4).

Figura 4: Posicionamento Relativo



Fonte: [http://www.inde.gov.br/images/inde/recom\\_GNSS\\_internet.pdf](http://www.inde.gov.br/images/inde/recom_GNSS_internet.pdf)

Com a integração da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC no Brasil, esse tipo de posicionamento pode ser realizado utilizando apenas um equipamento, já que os dados coletados (em um intervalo de 15s) por cada estação que compõe essa rede estão disponíveis, diariamente, no banco de dados do IBGE continuamente e podem ser utilizados no processamento (Souza, 2006).

Segundo o IBGE (2008), o posicionamento relativo pode ser dividido em quatro grupos: estático, estático-rápido, semicinemático e cinemático. O estático apresenta a característica de que todas as estações utilizadas permanecem estacionárias durante todo o levantamento e que o período de rastreamento varia de 20 minutos até várias horas. O estático-rápido diferencia do anteriormente apresentado pelo intervalo de tempo de rastreamento ser inferior a 20 minutos.

A técnica “*stop and go*” é utilizada no posicionamento relativo semicinemático, onde o receptor percorre por todas as estações permanecendo ligado e estaciona nas mesmas por um intervalo de tempo. Já no cinemático, um dos receptores ocupa a estação de referência enquanto o outro permanece estacionado ou se deslocando sobre as feições de interesse.

## 2.5. Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC

O IBGE (2017) explica que com o surgimento de diversas aplicações em tempo real e de pós processamento ao passo que novas técnicas de posicionamento evoluem, houve a necessidade da implantação da RBMC. Composta por mais de 135 estações dispersas por todo o território brasileiro, a rede se tornou indispensável no rastreamento de posicionamento relativo, onde as estações desempenham o papel de coordenadas conhecidas, excluindo a necessidade da utilização de um equipamento imóvel (Figura 5).

Figura 5: Estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo



Fonte: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc\\_est.php](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc_est.php)

Cada estação é composta por um receptor e antena geodésica, conexão de internet e fornecimento constante de energia elétrica que possibilita a contínua operação do sistema. As estações, possuem em sua maioria, receptores que rastreiam satélites GPS e GLONASS e são materializadas através de pinos de centragem forçada e cravadas em pilares estáveis (IBGE, 2017).

A operação destas é totalmente automatizada. Os arquivos de cada rastreamento são transferidos diariamente ao final de cada sessão para o Centro de Controle da

Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, onde passam por um controle de qualidade, e são convertidos para um formato padrão RINEX2. As sessões iniciam-se às 00:01h e encerram-se às 00:00h, com intervalo de rastreamento de 15 segundos (IBGE, 2017) (IBGE,2017).

Segundo Fortes e Godoy (1991), as vantagens da RBMC sobre as redes estabelecidas através dos métodos clássicos de posicionamento podem ser classificadas basicamente em três vertentes: custos, precisão e aplicabilidade. Já que a implantação da rede conta com a contribuição de estações com equipamentos de alta precisão, diminui o investimento que seria gasto com a compra de mais de um equipamento por empresas e pesquisadores para levantamentos de posicionamento relativo e contribui com o acesso a uma gama quase infindável de aplicações.

## **2.6. Sistema Geodésico Brasileiro - SGB e as coordenadas planialtimétricas**

O SGB começou a ser implantado no Brasil em 17 de maio de 1944 pelo IBGE, inicialmente com apenas sua componente planimétrica, através de medições de longitude e latitude, concretizadas na superfície terrestre por um conjunto de pontos (pilares, marcos ou chapas) chamado de rede geodésica. Posteriormente, em 13 de outubro de 1945, a componente altimétrica foi introduzida, e os valores de altitude também foram inseridos a essa rede (IBGE, 2017).

Desde então, ambas as componentes passaram por diversos ajustes e mudanças de métodos de posicionamento que acarretaram na alteração do sistema de referência adotado pelo IBGE, de SAD69 (South American Datum 1969), utilizado por diversos anos, para SIRGAS2000. Esse novo sistema de referência foi concebido em virtude da necessidade da sua compatibilização com as técnicas de posicionamento por satélite (IBGE, 2017).

O Brasil possui de uma extensa rede planialtimétrica que cobre boa parte de todos os estados, principalmente na região leste e na região sul do país. A Figura 6 (A e B) abaixo demonstram as redes das duas componentes do SGB.

Figura 6: (A) Rede planimétrica do SGB e (B) Rede altimétrica do SGB



Fonte: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_sobre\\_posicionamento\\_geodesico/rede\\_planialtimetrica/cartograma/plantotal.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_planialtimetrica/cartograma/plantotal.pdf)



Fonte: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_sobre\\_posicionamento\\_geodesico/rede\\_altimetrica/cartograma/altitotal.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_altimetrica/cartograma/altitotal.pdf)

O IBGE (2017) apresenta que os marcos geodésicos localizados por todo o país podem ter informações divididas em 5 tipos de estações diferentes:

- Referência de nível, que constitui a rede altimétrica;
- Estação de satélite GNSS e DOPPLER, estação de poligonal e vértice de triangulação, pertencentes a rede planimétrica;
- E estação gravimétrica, que integra a rede gravimétrica.

Os dados de latitude, longitude e altitude que o SGB fornece tem sido utilizado por diversos usuários que necessitam dessas informações posicionais para diversos fins e são definidos por Silva (2006):

Latitude – é a distância angular do paralelo do Equador ao paralelo de um ponto situado na superfície terrestre. É medida em graus e varia de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , sendo positivo para o norte, tendo como origem a linha do Equador.

Longitude – é a distância angular do meridiano de Greenwich ao meridiano de um ponto situado na superfície terrestre. É medido em graus e varia de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , sendo positivo para leste, tendo como origem o meridiano de Greenwich.

Altitude – é a distância vertical de um ponto ao nível médio do mar, sendo positivo quando o ponto estiver acima. Pode ser classificada como elipsoidal, quando

a referência é a superfície da terra em forma de elipsoide (admitindo que a Terra é uma elipsóide plano) ou ortométrica, quando a referência é a superfície geoidal da Terra (admitindo que a Terra tem forma de geóide) (Figura 7).

A altitude elipsoidal, que tem significado geométrico, pode ser facilmente obtida através do GNSS e pode ser convertida em ortométrica utilizando a Equação 1, equação de conversão de altitude elipsoidal para altitude geométrica, e pelo conhecimento de um parâmetro  $N$ , que é determinado a partir de cartas geoidais ou softwares de sistema de interpolação da superfície geoidal.

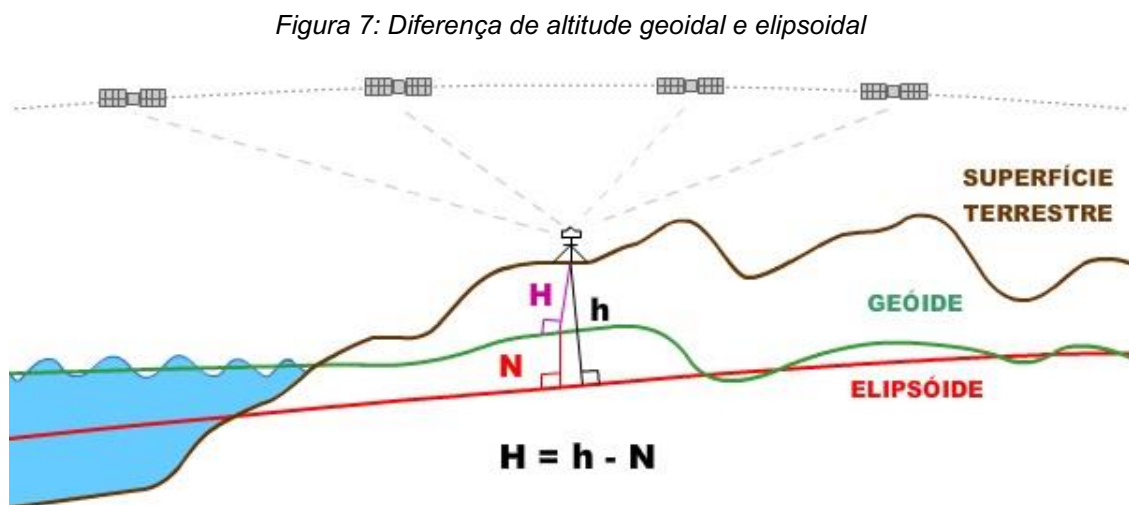
$$H = h - N \quad (1)$$

Onde:

$H$ , representa a altitude ortométrica;

$h$ , a altitude elipsoidal;

$N$ , o valor da altura geoidal fornecida por um modelo de ondulação.



Fonte: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm)

## 2.7. Possíveis erros de precisão

A aferição dos dados para uma posterior homologação é realizada por aparelhos GNSS, chamados também de receptores GNSS já que são os responsáveis por receber os sinais emitidos pelos satélites. Apesar da sofisticação dessas ferramentas, elas ainda podem encontrar dificuldades como interferências caso

sejam utilizadas em espaços com construções vizinhas, locais cobertos por vegetações, próximos a outras linhas de transmissão e pela própria atmosfera, produzindo assim, resultados indesejados.

Conforme Veiga et al. (2012) relatam, é inevitável as medidas de grandezas para a representação da superfície terrestre não serem afetadas por erros. Durante o processo, as falhas podem surgir por ação das condições ambientais, instrumentais e/ou falha humana e podem ser classificadas em:

- Erros grosseiros – causados geralmente por desatenção do observador ou por uma falha no equipamento;
- Erros sistemáticos – são aqueles cuja magnitude e sinal algébrico podem ser determinados seguindo leis matemáticas ou físicas;
- Erros acidentais ou aleatórios – são aqueles que permanecem após os erros anteriores terem sido eliminados, não seguem nenhum tipo de lei e tendem a se neutralizar quando o número de observações é grande.

É sabido então que a precisão nos resultados não depende apenas da qualidade e da precisão nominal dos equipamentos empregados.

## **2.8. GNSS**

Para a criação de pontos de referência, e principalmente de marcos geodésicos, o receptor GNSS é um item indispensável, dado que é a ferramenta que fornecerá informações de posição geográfica mais próximas da realidade. Monico (2000) relata que o GPS é um sistema de referência americano que permite que um usuário em qualquer posição da superfície terrestre tenha o auxílio de quatro satélites para apurar os dados do seu posicionamento em tempo real. Essa apuração é exercida pelo receptor GNSS.

Todos os receptores GNSS são geodésicos, mas quanto a aplicação, eles podem ser classificados em quatro categorias principais: de navegação (Figura 8), topográfico (Figura 9), geodésico (Figura 10) e RTK (Real Time Kinematic) (Figura 11). As principais diferenças entre eles estão no registro dos dados observados, na ausência ou não de filtros, na precisão que as informações são obtidas e no tempo de execução do levantamento (Bueno, 2002).

Segundo Bueno (2002), existem também disparidades quanto a tecnologia empregada nesses dispositivos que são evidenciadas em relação ao tipo de antena, unidade de rádio frequência e microprocessador. Por serem aparelhos mais simples, os receptores de navegação acabam possuindo um menor custo de aquisição e uma maior receptividade pelos usuários em geral, visto que estão integrados em automóveis, celulares, computadores, relógios, entre outros.

Figura 8: GNSS de navegação



Fonte: <https://openclipart.org/detail/35071/gps-on>

Figura 9: GNSS topográfico



Fonte: <http://sistemastopograficos.com.mx/producto/gps-de-precision-spectra-precision-pro-mark-120/>

Figura 10: GNSS geodésico



Fonte: <http://www.geomaps.co.tz/index.php/products/view/trimbler4>

Figura 11: GNSS RTK



Fonte: [http://www.tigersupplies.com/Products/Topcon-Basic-Hiper-SR-OAF\\_\\_TOP1000701-00.aspx](http://www.tigersupplies.com/Products/Topcon-Basic-Hiper-SR-OAF__TOP1000701-00.aspx)

De acordo com Ribas & Thum (2015), com os aparelhos que possuem a tecnologia RTK tem-se uma transmissão em tempo real das correções da fase da



onda portadora, a partir de uma base de referência com coordenadas previamente conhecidas. Desse modo, a utilização dessa ferramenta minimiza o tempo de execução de levantamentos, e conseqüentemente na redução no tamanho da equipe em campo.

Na criação e homologação de marcos geodésicos há um critério mais relevante que define o tipo de GNSS a ser utilizado: a precisão. Os receptores geodésicos e RTK apresentam precisões milimétricas, os topográficos sub-métrica e os de navegação métrica.

Vaz, Pissardini & Fonseca Júnior (2013) definem o sistema GNSS como um sistema de posicionamento por satélites artificiais com cobertura mundial. Dentre esses satélites estão o NAVSTAR – GPS, Galileo, GLONASS e o Compass.

O sistema GNSS mais conhecido é o NAVSTAR – GPS. Criado pelos Estados Unidos com propósitos militares, esse sistema apresentou uma boa precisão e eficiência dos receptores, então logo passou a ser utilizado pela comunidade civil. O GPS é constituído por 31 satélites distribuídos em 6 órbitas planas e garante a todo instante, em qualquer lugar do planeta, que pelo menos três satélites do sistema sejam observados (Orth et al., 2004)

O GLONASS foi criado, assim como o GPS, para fins de posicionamento militar pela antiga URSS. Em 2011, o sistema foi completamente estabelecido, quando atingiu um número suficientes de satélites para se obter uma cobertura global. É composto por 24 satélites e necessitam de receptores GLONASS para o cálculo da velocidade, tempo e posição na superfície terrestre (Rodrigues, 2014).

Já que o governo americano não permite que outros países participem da configuração básica do sistema GPS, a União Europeia decidiu criar o Galileo. O sistema ainda não se encontra totalmente finalizado, mas contará com 27 satélites operacionais e 3 reservas e terá como elipsoide de referência o GTRF (Rodrigues, 2014).

A China também está desenvolvendo o seu próprio sistema GNSS: o Compass. Seu projeto está dividido em 3 fases: a primeira apenas para demonstração do sistema, a segunda para implantação a nível nacional e a terceira a expansão para um serviço global. Tendo previsão para 2020, a última etapa será composta por 30 satélites não geoestacionários e 5 geoestacionários e prevê a adoção de 3 planos orbitais (Rodrigues, 2014).

### 3. METODOLOGIA

Foi realizado, em uma primeira etapa, coleta de dados utilizando um GNSS geodésico estacionado no marco RN1832G, e em seguida os valores passaram por um pós-processamento, com o intuito de corrigi-los, tomando como base uma estação da RBMC de Campina Grande, disponibilizada no banco de dados do IBGE. Em uma segunda etapa, uma coleta semelhante foi efetuada, utilizando dessa vez, um GNSS de navegação.

Com o intuito de obter uma altitude mais próxima da verdadeira da localização do marco, foram realizadas medições para determinar a diferença de nível entre a estação da RBMC de Campina Grande e o próprio marco.

Após os procedimentos citados, os resultados obtidos foram comparados com os dados planialtimétricos do marco (expostos no servidor do IBGE), a fim de verificar a precisão e possíveis fatores de erros.

#### 3.1. Materiais

Para efetuação das três etapas, foram utilizados os seguintes materiais:

- GNSS geodésico, de marca e modelo *Trimble R4*, para determinação das coordenadas do RN 1832G;
- GNSS de navegação, de marca e modelo *Garmin Etrex 30x*, para determinação das coordenadas do RN 1832G;
- Cronômetro, para medição do intervalo de tempo da coleta de dados utilizando o GNSS de navegação;
- Tripé, para fixação do GNSS geodésico;
- Trena a laser, para medição da altura do bloco CL.

#### 3.2. Métodos

O objeto de estudo, RN 1832 G, conforme ilustram as Figuras 12 e 13 está localizado próximo ao bloco CL, no campus sede da UFCG, na cidade de Campina

Grande - PB e foi criado em 1982. Os dados que o caracterizam podem ser visualizados no banco de dados geodésicos do IBGE. Para esse estudo, as informações mais relevantes estão expostas na Tabela 1. Os dados planimétricos estão em UTM, zona 25 S e o Datum utilizado foi o SIRGAS2000.

Tabela 1: Dados planialtimétricos retirados do banco de dados geodésicos

Dados Planimétricos		Dados Altimétricos	
Latitude	9201552 m	Altitude Ortométrica (m)	527,27
Longitude	178878 m		

Fonte: IBGE, 2017

Figura 12: Marco RN 1832 G



Figura 13: Localização do marco RN 1832 G



O levantamento de dados do RN1832G, quando é realizado com o intuito de homologar marcos, deve ser feito seguindo os critérios para homologação de marcos requeridos pelo IBGE, ou seja, quatro sessões com no mínimo seis horas de duração e com um intervalo de coleta de dados de 5 a 15 segundos. Mas como os dados resultantes da coleta só foram utilizados para um estudo de comparação, não houve a necessidade de uma duração de sessão tão grande e nem de repetidas sessões.

Como a estação de monitoramento contínuo de Campina Grande está localizada na UFCG, a linha de base tem comprimento de menos de 100 metros, tal proximidade forneceu um tempo de observação de 05 a 10 minutos, de acordo com o Quadro 1, para levantamentos de posicionamento relativo, que foi o caso da coleta com o GNSS geodésico.

Mas, devido as condições quanto a localização do marco não serem tão favoráveis, optou-se por aumentar a duração da coleta a fim de assegurar uma melhor precisão para os dados. Para isso foi pré-determinado uma duração de rastreamento no RN 1832 G de 2 horas.

No período da realização do levantamento de dados, o clima estava bom: o céu com poucas nuvens propiciou uma coleta satisfatória. Houve a necessidade de deslocar o telhado da passarela que fica sobre o marco para a instalação do GNSS geodésico, já que o local precisa ter o mínimo de obstruções possíveis para o armazenamento de bons resultados.

O GNSS geodésico utilizado para a primeira coleta foi o *Trimble R4* (Figura 14 e 15) e algumas das suas especificações estão descritas no Quadro 2. Sua base foi elevada por uma baliza graduada e roscável para que sobressaísse da estrutura do telhado da plataforma. O sistema também contou com o auxílio de um tripé para manter a base bem fixada. Todo o rastreamento pôde ser acompanhado por um dispositivo móvel do próprio GNSS, que contém algumas informações sobre a coleta.

Quadro 2: Especificações de desempenho do GNSS geodésico Trimble R4

Correlacionador múltiplo de alta precisão para as medidas de pseudodistância GNSS	
Dados de medidas de pseudodistância não filtrados ou corrigidos, para correlações breves, com baixo erro de multicaminhamento, poucos ruídos e resposta altamente dinâmica	
Medida de fase da portadora GNSS com baixo ruído e precisão	
Razão Sinal-Ruído mostrada em db-Hz	
Tecnologia Trimble de rastreamento de eficiência comprovada em áreas de baixa elevação	
Sinais de satélite rastreados simultaneamente	GNSS L1C/A, L1C, L2C, L2E
	GLONASS1: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3
	SBAS: L1C/A
	Galileo1: E1, E5A, E5B
	BeiDou1 (COMPASS): B1, B2
Taxas de posicionamento	1 Hz
	2 Hz
	5 Hz
	10 Hz

Fonte: <<http://www.geodata.eng.br/manuais/GNSS/trimble/R4.pdf>>

Figura 14: Dispositivo móvel do GNSS geodésico Trimble R4

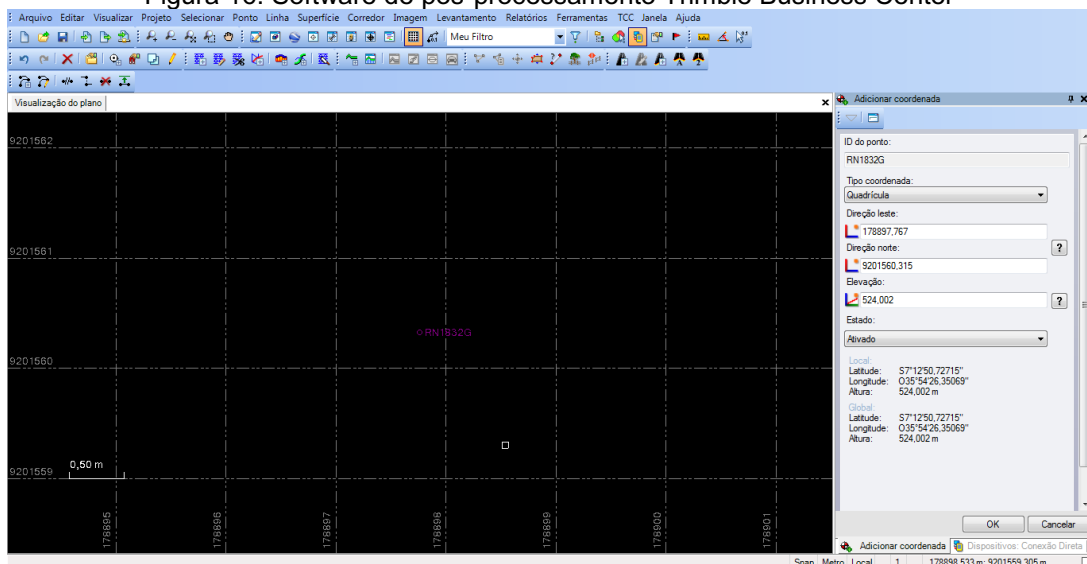


Figura 15: Instalação da base do GNSS geodésico Trimble R4



Ao término do rastreamento, os dados resultantes foram inseridos no software do próprio GNSS geodésico: o Trimble Business Center (Figura 16), cuja principal função é realizar um pós-processamento de dados GNSS/GNSS e RTK, além de exportar e importar os dados para diversos formatos, gerar relatórios completos com os valores de coleta pós-processados, possuir uma biblioteca de edição de características, dentre outros.

Figura 16: Software de pós-processamento Trimble Business Center



O software foi o responsável por um pós-processamento de dados automático, utilizando como base de correção a estação da RBMC de Campina Grande, localizada acima da última laje do bloco CM, que resultou na obtenção de um relatório onde constam informações, tais como: PDOP máximo, duração da coleta, precisão horizontal e vertical pós-correção, dados planoaltimétricos pós-correção, resumo de rastreamento dos satélites, dentre outros.

Os dados da estação necessários para a realização da etapa estão localizados em um descritivo disponibilizado no site do IBGE. Alguns dos valores estão descritos na Tabela 2. As coordenadas da latitude e longitude estão em UTM, zona 25 S e o Datum utilizado foi o SIRGAS2000.

Tabela 2: Dados planialtimétricos referentes a RBMC de Campina Grande

Latitude	9201606,16 m
Longitude	178917,59 m
Altitude Ortométrica	538,25 m

Fonte: IBGE, 2017

Em posse dos valores pós-processados foi necessário a transformação de uma das grandezas, já que os GNSS geodésicos fornecem apenas a altitude elipsoidal e para esse estudo a altitude ortométrica é imprescindível. Sabendo disso, a conversão foi efetuada através da Equação 1.

O valor do parâmetro N, que representa a diferença de nível entre a superfície geoidal e a superfície elipsoidal, foi determinado através da utilização do software *MAPGEO2015*. Esse programa, desenvolvido pelo IBGE juntamente com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, possui um sistema de interpolação que permite a obtenção da altura geoidal de pontos do território nacional a partir das coordenadas planimétricas.

Como segunda etapa do estudo, foi executada uma coleta de dados no mesmo marco tendo como equipamento principal um GNSS de navegação: *Garmin Etrex 30x* (Figura 17). Com as mesmas condições climáticas e obstruções do rastreamento anterior, foram coletados dados por uma hora em intervalos de 15 segundos, totalizando dessa forma 240 medições. O GNSS ficou localizado à 1 m acima do marco durante toda a coleta e os valores, após a conclusão, foram importados para

uma planilha. Algumas especificações do GNSS podem ser visualizadas no Quadro 3.

Figura 17: GNSS de navegação Garmin Etrex 30x



Quadro 3: Especificações do GNSS de navegação *Garmin Etrex 30x*

Têm capacidade de incluir mapas
Armazena até 200 rotas
Registra até 10000 pontos
Faz cálculos de área

Fonte: <https://buy.garmin.com/pt-BR/BR/p/87774#specs>

Após essa coleta de dados, os valores foram comparados com os do relatório de estação geodésica do IBGE do respectivo marco utilizando o *Google Earth* (software cuja função é apresentar um modelo do globo terrestre, construído através de imagens de satélites e/ou aéreas), a fim de verificar a precisão e verificar a exatidão tendo em vista a localização real do marco. Vale salientar que a fonte utilizada pelo IBGE para tal aplicação foi o GNSS de navegação.

Dando continuidade, a determinação da altitude do marco mais próxima da verdadeira foi uma etapa necessária para a comparação dos dados altimétricos, logo, julgou-se necessário a medição da altura do bloco CL. Dessa forma, foi possível subtrair esse valor da altitude ortométrica da RBMC de Campina Grande e encontrar a altitude ortométrica do RN 1832 G, já que o bloco CM (onde é situado a estação) e o bloco CL são idênticos e foram construídos aproximadamente no mesmo nível de elevação, como mostra a Figura 18.

Figura 18: Localização dos blocos CL e CM



Para realizar a medição, subiu-se na última laje do bloco CL e utilizando uma trena a laser mediu-se a altura do prédio dez vezes consecutivas (Figura 19), a fim de obter resultados mais precisos da grandeza. Levou-se em consideração também a altura em que a estação em si está instalada em relação a laje (altura do equipamento). Essa especificação foi retirada do descritivo da estação:

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).



Figura 19: Medição da altura do bloco CL



Os resultados altimétricos encontrados também foram comparados com os disponibilizados no banco de dados geodésicos do IBGE. É importante frisar que a fonte para obtenção da altitude ortométrica datada pelo instituto foi o nivelamento geométrico.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

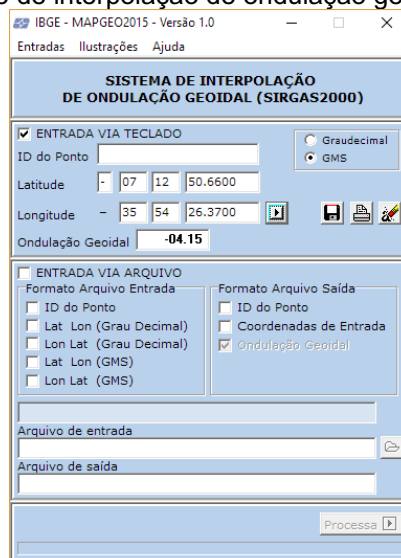
A Tabela 3 mostra os dados planialtimétricos obtidos na coleta de dados utilizando o GNSS geodésico *Trimble R4* e o de navegação *Garmin Etrex 30x*. As coordenadas da latitude e longitude estão em UTM, zona 25 S e o Datum utilizado foi o SIRGAS2000.

Tabela 3: Dados oriundos da coleta de dados com GNSS geodésico e de navegação

GNSS geodésico		GNSS de navegação	
Latitude	9201565,38 m	Latitude	9201597,74 m
Longitude	177897,16 m	Longitude	178933,38 m
Altitude Elipsoidal	523,37 m	Altitude Elipsoidal	544,40 m

Após o pós-processamento utilizando o software Trimble Business Center, os dados coletados com o *Trimble R4* foram analisados e como a altitude que consta nos dados do IBGE é a altitude ortométrica e os aparelhos GNSS só apresentam a altitude elipsoidal, foi necessário a transformação desse dado para uma posterior comparação. Para isso, utilizou-se o software de interpolação de ondulação geoidal *MAPGEO2015* (Figura 20) e encontrou-se uma diferença de -4,15m entre o geóide e o elipsoide.

Figura 20: Software de interpolação de ondulação geoidal MAPGEO2015



Dispondo do parâmetro N mencionado anteriormente e da altitude elipsoidal dada no relatório de pós-processamento, pôde-se determinar a altitude ortométrica para o GNSS geodésico no de valor 527,49 m e de 548,55 m para o de navegação empregando a Equação 1.

Outras informações relevantes resultaram da obtenção através do uso do GNSS de navegação *Garmin Etrex 30x*. Foram coletadas 240 medições a fim de assegurar um resultado mais satisfatório, e com bases nelas calculou-se a média aritmética. Vale salientar, que durante a execução da coleta o GNSS de navegação encontrava-se a 1 m acima do marco, diminuiu-se da média essa distância, com o intuito de determinar a altitude no nível do marco. Os resultados elencados estão expostos na Tabela 3 mencionada anteriormente.

Quanto a determinação da altitude ortométrica verdadeira do marco, a média das 10 medições da diferença de nível entre a última laje do bloco CL e o marco RN 1832 G foi de 9,098 m. Somado com a altura do aparelho, que é de 1,6 m, têm-se uma diferença de 10,698 m. Ao subtrair essa medida da altitude ortométrica da RBMC de Campina Grande (esta determinada utilizando o MAPGEO 2015 como modelo de ondulação geoidal), encontra-se um valor de 527,552 m. É necessário enfatizar que essa elevação é aproximada, e o seu cálculo foi realizado para fins de comparação.

A Tabela 4 demonstra as altitudes da estação da RBMC e do RN 1832G utilizando diferentes equipamentos e modelos de ondulação geoidal, além de expor a diferença em metros delas em relação a altitude ortométrica do marco.

A análise das informações altimétricas apresentadas na Tabela 4, proporciona a verificação da aproximação dos resultados encontrados com o GNSS geodésico, do disponibilizado pelo IBGE e do medido com a trena a laser. É importante destacar que tal condição não é válida para o GNSS de navegação, já que este apresentou uma diferença de aproximadamente 20 metros em relação aos demais, ultrapassando até mesmo a altitude referente a estação da RBMC, que está localizada na última laje do bloco CM, como já mencionado na metodologia.

Tabela 4: Tabela da diferença de altitude em relação ao marco RN 1832G

Equipamento	Altitude Elipsoidal (m)	N (m)	Altitude Ortométrica (m)	Modelo de Ondulação Geoidal	Diferença (m)
Marco RN 1832G	523,1169	-4,150	527,2669	MAPGEO2015	0
GNSS Geodésico	523,3360	-4,151	527,4870	Software TBC - Global	-0,2201
GNSS Geodésico	523,3360	-4,150	527,4860	MAPGEO2015	-0,2191
GNSS Geodésico	523,3360	-4,021	527,3570	Software TBC - Global (dados MapGeo 2010)	-0,0901
GNSS Navegação	544,4010	-4,150	548,5510	MAPGEO2015	-21,2841
RBMC	534,1000	-4,150	538,2500	MAPGEO2015	-10,9831
RBMC	534,1000	-4,020	538,1200	MAPGEO2010	-10,8531
Trena a laser	-	-	527,5520	-	-0,2851

A forma do geóide está em constante mudança, o que pode ser provado analisando a Tabela. Utilizando o MAPGEO2015, o parâmetro N determinado para o ponto é no valor de -4,15 m, enquanto que no MAPGEO2010, esse mesmo parâmetro era de -4,02 m, ou seja, em 5 anos, a altitude ortométrica aumentou em 13 cm.

Em posse dos dados planimétricos do marco RN 1832 G oriundos do banco de dados do IBGE e de ambas as coletas efetuadas, expostos nas Tabelas 1 e 3, respectivamente, foi possível realizar uma comparação entre essas e a localização real do marco. Com o auxílio do *Google Earth*, as coordenadas planimétricas foram inseridas e as três posições (pontos amarelos) podem ser visualizadas, conforme ilustra a Figura 21.

Figura 21: Posicionamento geográfico resultante das coletas e dos dados do IBGE



Para uma melhor averiguação da posição real do marco, o perímetro do bloco CL e da passarela que se localiza sobre o marco foram destacadas com um contorno amarelo e vermelho, respectivamente. Dessa forma, foi possível definir (ponto vermelho) onde o RN 1832 G está estruturado, aproximadamente.

As Figuras 22 e 23 também ilustram a posição real do marco representada pelo círculo vermelho, em perspectivas diferentes.

Figura 22: Posição real do marco RN 1832 G localizado no bloco CL



Figura 23: Posição real do marco RN 1832 G visto da janela do 2º andar do bloco CL



Tendo conhecimento do posicionamento verdadeiro do RN 1832 G, observa-se que dentre os três pontos demarcados na Figura 21, o GNSS geodésico representou as coordenadas planimétricas do marco com melhor exatidão.

Apesar das três sessões de 6h cada, que são realizadas pelo IBGE, com o propósito de minimizar os erros, versus a coleta de dados com apenas uma sessão de 1h realizada nesse estudo, o GNSS de navegação utilizado demonstrou uma representatividade maior se comparado com as coordenadas planimétricas datadas pelo instituto, que tem como fonte de precisão o aparelho GNSS de navegação.

Comparando os dados altimétricos com os planimétricos do próprio instituto, percebe-se uma melhor confiabilidade na altitude. Isso deve-se ao fato do seu método de coleta diferir dos demais, já que a fonte utilizada para aferição foi o nivelamento geométrico.

A precisão do equipamento é um dos fatores fundamentais para o surgimento de bons resultados, e tal fato confirmou-se no presente estudo. O relatório de pós-processamento da coleta operada com o GNSS geodésico, ainda que apresente um PDOP máximo de coleta alto, expressa uma precisão milimétrica pós-correção, que é bastante aceitável para a maioria dos trabalhos que se julga necessária a utilização de dados de marcos geodésicos. Os resultados sobre a precisão retirados do relatório podem ser conferidos na Tabela 5.

Tabela 5: Informações sobre precisão da coleta de dados do GNSS geodésico

<b>Precisão horizontal</b>	<b>Precisão vertical</b>	<b>PDOP máximo</b>
0,006 m	0,007 m	16,994

Com o auxílio do software *QGIS*, os pontos das 240 medições da coleta utilizando o equipamento de navegação foram dispostos em uma layer e importados para o *Google Earth*, onde puderam ser visualizados na área de estudo através das imagens disponibilizadas por satélites. Dessa forma, foi possível verificar que tais pontos estão dispersos em uma área de aproximadamente 66,3 m<sup>2</sup>, com raio de 4,59 m.

A Figura 24 mostra a precisão da coleta utilizando o GNSS de navegação. Observa-se, com a imagem e com a verificação dos dados, que esse apresentou uma precisão métrica.

Figura 24: Dispersão das medições da coleta utilizando o GNSS de navegação



Outro elemento que influencia de forma significativa na precisão de uma coleta de dados utilizando qualquer GNSS é o ambiente em que o ponto ou área de estudo se encontra.

O marco RN 1832 G foi construído a cerca de 10cm de uma parede externa do bloco CL, uma edificação de três pavimentos, além de estar localizado sob o telhado de uma passarela e em um ambiente consideravelmente arborizado. Essas três características, segundo o IBGE (2008), divergem de alguns critérios que minimizam a degradação da precisão.

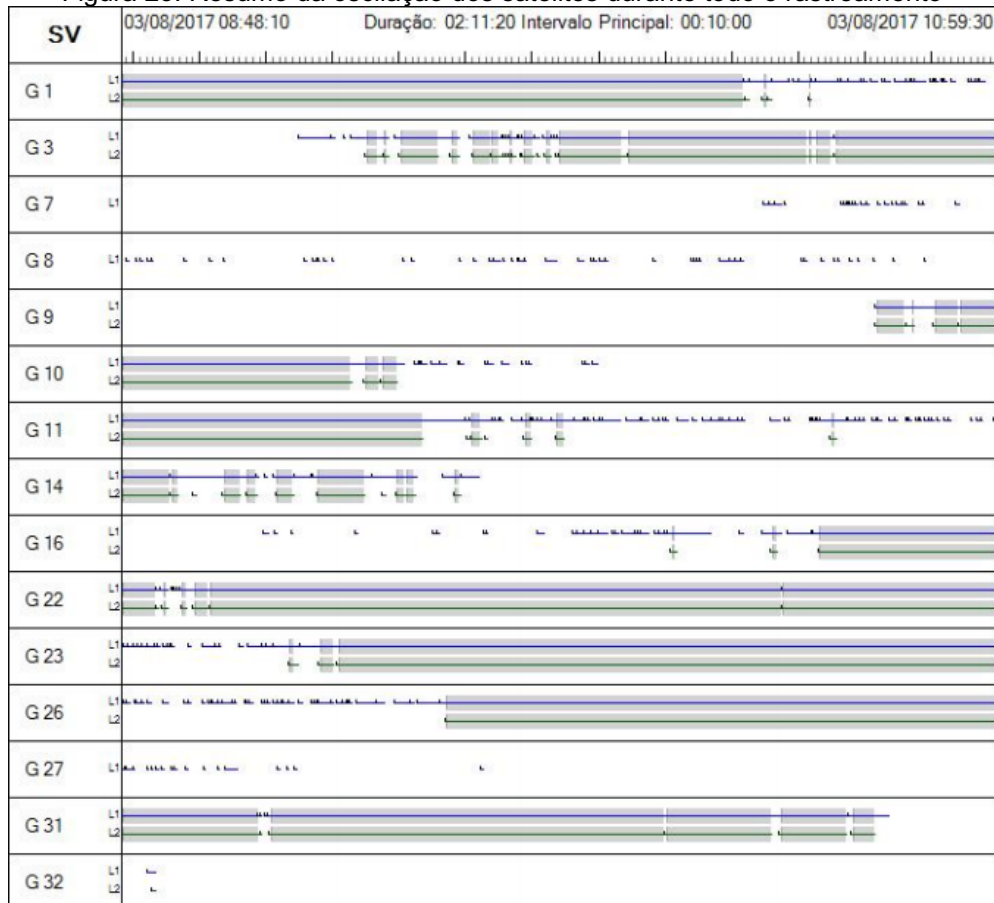
Pelo fato do município de Campina Grande estar localizado em uma área com altitude elevada, o clima característico da região contribui para o surgimento de muitas

nuvens. Esse fator, atrelado com a obstrução da área do marco em estudo colaboram com o aumento da dificuldade da emissão e recebimento de sinais dos diversos satélites para os instrumentos GNSS, como também com a oscilação do PDOP na coleta.

O PDOP máximo de quase 17 demonstra a má distribuição dos satélites que contribuíram com a coleta, ou seja, a geometria dos satélites mencionados. Mas, vale salientar que esse PDOP não necessariamente predominou por toda coleta, visto que o relatório de pós-processamento expõe apenas o pico. No momento da coleta foi observado a variação desse parâmetro e, na maioria do tempo de rastreamento, esse número variou entre 2 e 3. Quanto mais próximo de 1 o número for, melhores serão os resultados.

A Figura 25 expõe a oscilação do envio de dados dos satélites, ocasionada pelos diversos fatores já citados, durante toda a coleta de dados do GNSS geodésico no marco RN 1832 G, conforme mostra o relatório de pós-processamento.

Figura 25: Resumo da oscilação dos satélites durante todo o rastreamento





As linhas azul e verde representam o sinal das bandeiras L1 e L2 respectivamente. Quanto mais contínua a linha estiver, mais sadio o satélite estava na hora da coleta, ou seja, a qualidade do sinal de emissão e recebimento de dados era melhor. O satélite G 32, por exemplo, mal contribuiu com a coleta, enquanto que o G 22 esteve presente em quase sua totalidade.

## 5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo mostra a relevância que deve ser atribuída à precisão de dados geodésicos pois, devido à sua abrangente utilização em estudos e pesquisas das mais diversas áreas, é necessário que eles possuam informações que estejam de acordo com a realidade.

A partir dos dados levantados e analisados através do GNSS geodésico, de navegação e do auxílio de softwares, foi possível verificar a precisão dos dados altimétricos e planimétricos do marco geodésico RN 1832G, localizado na Universidade Federal de Campina Grande.

Comparando os dados existentes com os obtidos nesse estudo, foi possível verificar que os parâmetros latitude e longitude homologados pelo IBGE apresentaram um maior desvio (precisão métrica) dentre dados estudados. Em contrapartida, foi confirmado uma melhor precisão a partir dos resultados adquiridos pelo GNSS geodésico (precisão milimétrica). Levando em consideração o parâmetro altitude, os dados colhidos com o GNSS geodésico e os do banco de dados do IBGE se mostraram similares, enquanto os de navegação apresentaram uma diferença expressiva se comparado com os demais.

Com isso, pode-se concluir que os objetivos iniciais do projeto foram atendidos de forma satisfatória, obtendo dados atualizados e mais precisos para os parâmetros planimétricos e provando a boa precisão dos dados altimétricos.

A pesquisa foi feita analisando um único marco geodésico e pode ser expandida para outros marcos em futuros estudos e, assim, melhorar cada vez mais a precisão e a confiabilidade nos marcos existentes para o desenvolvimento de estudos e pesquisas cada vez mais embasados com a realidade, ou ainda, a correção, seguindo a metodologia da literatura, de dados que possam estar ultrapassados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Marília Sanglard. **Análise comparativa da qualidade posicional dos métodos de posicionamento por ponto preciso e do posicionamento relativo estático com GNSS**. 2015. 127f. Dissertação – Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bcg/v22n1/1982-2170-bcg-22-01-00175.pdf>> Acesso em: agosto de 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994.

BLITZKOW, Denizar; MATOS, Ana Cristina Cancoro de. **A evolução dos referenciais usados em geodésia: a era moderna**. 17f. Artigo – Boletim de Ciências Geodésicas, vol 8. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/ptr/lgt/FTP/Cartrefer-v2.pdf>> Acesso em: setembro de 2017.

BLITZKOW, Denizar; MATOS, Ana Cristina Cancoro de. **Sistema de Posicionamento por Satélite - GPS**. 33f. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/ptr/lgt/FTP/dgps2201-07-v1.pdf>> Acesso em: setembro de 2017.

BORGES, Alberto de Campos. **Topografia**: Volume 2. 2. ed. Editora Blucher, 2013. 216 p.

BUENO, Régis Fernandes. **Diferentes tipos de GPS e suas aplicações**. 2002. Artigo – Infogeo – Ano 4.

COELHO JÚNIOR, José Machado; ROLIM NETO, Fernando Cartaxo; ANDRADE, Júnior da Silva C. O. **Topografia Geral**. Recife: EDUFRPE, 2014. 156 p.

COLLISCHONN, Carolina; LIMA, Ellen Martin de; RUIZ, Luis Fernando Chimelo; ARAUJO, Thiago Diniz; MATSUOKA, Marcelo Tomio. **Posicionamento GNSS: Comparação entre coordenadas oficiais de estações da RBMC e as obtidas por PPP e posicionamento relativo e ajustamento**. 2015. 9f. Artigo – Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Paraíba, Brasil,, São Paulo, 2015. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0032.pdf>> Acesso em: agosto de 2017.

FREITAS, S. R. C. de; BLITZKOW, D. **Altitudes e Geopotencial**. Artigo - IGeS Bulletin N.9 – International Geoid Service. p. 47 – 62. Milan, 1999. Disponível em: < <http://www.cartografica.ufpr.br/home/wp-content/uploads/2013/10/Altitude-e-Geopotencial.pdf>> Acesso em: setembro de 2017.

FORTES, Luiz Paulo Souto; GODOY, René A. Zepeda. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema de Posicionamento Global – GNSS**. Rio de Janeiro, 1991. Disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/artigos/1991\\_Rede\\_de\\_Monitoramento\\_Contínuo\\_do\\_Sistema\\_de\\_posicionamento\\_Global.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/artigos/1991_Rede_de_Monitoramento_Contínuo_do_Sistema_de_posicionamento_Global.pdf)>. Acesso em: agosto de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados geodésico**. 2017. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/bdgpesq\\_googlemaps.php](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/bdgpesq_googlemaps.php)>. Acesso em: março de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Instruções para homologações de estações estabelecidas por outras instituições**. 2016. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/outros\\_documentos\\_tecnicos/homologacao\\_marcos/homologacao\\_de\\_marcos.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_documentos_tecnicos/homologacao_marcos/homologacao_de_marcos.pdf)>. Acesso em: fevereiro de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo**. 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>>. Acesso em: agosto de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos - GNSS**. 2008. Disponível em: <[http://www.inde.gov.br/images/inde/recom\\_GNSS\\_internet.pdf](http://www.inde.gov.br/images/inde/recom_GNSS_internet.pdf)>. Acesso em: agosto de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema Geodésico Brasileiro: Banco de dados geodésico**. 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sgb.shtm>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. Editora Unesp, 2000. 291 p.

ORTH, Dora Maria, et al. **GPS – Global Positioning System – Ferramenta Utilizada para Mapear Unidades de Conservação**. 15f. Artigo – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 2004. Disponível em: <[http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/engenhariarural/TERESACRISTINA\\_TARLEPISSARRA/Artigo%20GPS145.pdf](http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/engenhariarural/TERESACRISTINA_TARLEPISSARRA/Artigo%20GPS145.pdf)> Acesso em: setembro de 2017.

RIBAS, Artur Amaral; THUM, Adriane Brill. **A utilização da tecnologia RTK NTRIP: Análise da viabilidade do uso para o georreferenciamento de imóveis rurais.** São Leopoldo, 2015.

RODRIGUES, Antonio Carlos et al. **Manutenção física dos marcos do sistema geodésico brasileiro.** Fortaleza, 2001. Disponível em: <[http://www.ibge.com.br/home/geociencias/geodesia/artigos/2001-Manutencao\\_fisica\\_dos\\_marcos\\_do\\_Sistema\\_Geodesico\\_Brasileiro.pdf](http://www.ibge.com.br/home/geociencias/geodesia/artigos/2001-Manutencao_fisica_dos_marcos_do_Sistema_Geodesico_Brasileiro.pdf)>. Acesso em: fevereiro de 2017.

RODRIGUES, Karen Campos. **Revisão bibliográfica dos sistemas de posicionamento GLONASS, Galileo e COMPASS.** 8f. Catalão, 2014. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/4204234/sistema-de-posicionamento-galileo-glonass-e-compassbeidou>>. Acesso em: setembro de 2017.

SILVA, Mário Adelmo Varejão. **Meteorologia e Climatologia: Versão digital 2.** Recife, 2006. Disponível em: <<http://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2015/08/LIVRO-382-Mario-Adelmo-Varejao-Silva-Meteorologia-e-Climatologia.pdf>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

SOUZA, Deborah Valandro. **Avaliação de distorções da Rede Altimétrica fundamental no Sul/Sudeste do Brasil usando o geóide e o GNSS.** 2006. 124f. Dissertação – Curso de Geofísica, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://iag.usp.br/pos/sites/default/files/Deborah%20Valandro%20AVALIA%C3%87%C3%83O%20DE%20DISTOR%C3%87%C3%95ES%20DA%20REDE%20ALTIM%C3%89TRICA%20FUNDAMENTAL%20NO%20S.pdf>> Acesso em: agosto de 2017.

VAZ, Jhonnes Alberto; PISSARDINI, Rodrigo de Sousa; FONSECA JUNIOR, Edvaldo Simões. **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.** 11f. Artigo – Revista Brasileira de Cartografia. São Paulo, 2013.

VEIGA, Luis Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida Zehnpfennig; FAGGION, Pedro Luis. **Fundamentos de topografia.** Paraná, 2012. Disponível em: <[http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos\\_topo.pdf](http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf)>. Acesso em: fevereiro de 2017.