

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE EXPRESSÃO GRÁFICA E TRANSPORTE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RODRIGO ANCELES FRIAS

**ESTUDO PARA HOMOLOGAÇÃO DA BASE GEODÉSICA NO CAMPUS PAULO
VI DA UEMA**

São Luís
2019

RODRIGO ANCELES FRIAS

**ESTUDO PARA HOMOLOGAÇÃO DA BASE GEODÉSICA NO CAMPUS PAULO
VI DA UEMA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Arnaldo Pinheiro de Azevedo.

São Luís
2019

Frias, Rodrigo Anceles.

Estudo para a homologação da base geodésica no Campus Paulo VI da UEMA / Rodrigo Anceles Frias. – São Luís, 2019.

104 f.: il.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Esp. Arnaldo Pinheiro de Azevedo.

1. GNSS. 2. Homologação. 3. Marco. 4. Geodésia. 5. Coordenadas.
I. Título.

CDU 528.23(812.1)

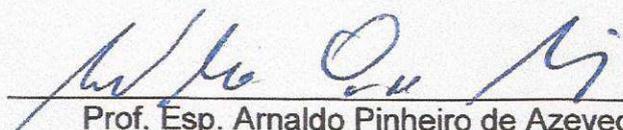
RODRIGO ANCELES FRIAS

**ESTUDO PARA HOMOLOGAÇÃO DA BASE GEODÉSICA NO
CAMPUS PAULO VI DA UEMA**

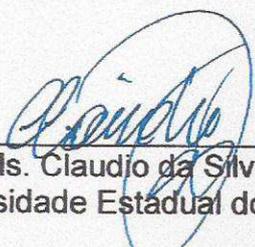
Trabalho final, apresentado a
Universidade Estadual do Maranhão,
como parte das exigências para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

São Luís, 02 de JULHO de 2019

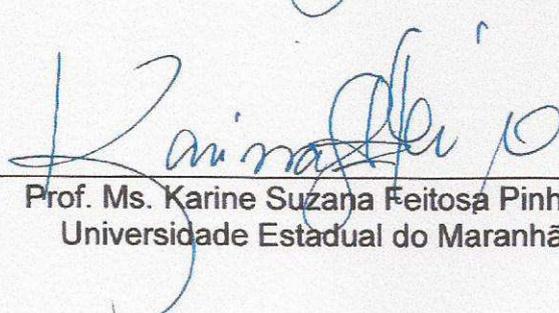
BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Arnaldo Pinheiro de Azevedo
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Ms. Claudio da Silva de Sousa
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Ms. Karine Suzana Feitosa Pinheiro
Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo suporte ao longo dos anos - em específico meus pais, que nunca desistiram de mim, e aos meus amigos que sempre ajudaram em minha caminhada na vida acadêmica.

Aos professores, o meu reconhecimento, por tentar ao máximo repassar suas sabedorias aos alunos, futuros profissionais da área, ato que admiro profundamente.

Ao meu orientador prof. Arnaldo Pinheiro de Azevedo, pela dedicação e nobre contribuição durante a elaboração deste trabalho.

“Felizes os pobres no espírito, porque
deles é o Reino dos Céus”.

Mateus 5:3

RESUMO

A evolução significativa da tecnologia na área de georreferenciamento demonstra que as instituições de ensino superior devem estar atentas e atualizadas nesse desenvolvimento. Com isso o trabalho consiste em um estudo preliminar com o intuito de homologar junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a base geodésica da Universidade Estadual do Maranhão e inclui-lo na Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), demonstrando sua importância e verificando se a base se encontra em condições mínimas exigidas pelas normas do IBGE para que a homologação seja realizada. A metodologia inclui a análise da estrutura da base e seu local de implantação, as etapas de homologação e, por fim, um estudo de caso ressaltando a importância da homologação e sua funcionalidade. Os resultados mostram as adequadas condições em que a base se encontra para que se inicie o processo de homologação pelo IBGE e as vantagens que essa proporciona aos alunos e professores tornando as aulas mais rápidas e dinâmicas. Sua utilização na UEMA possibilita a geração de resultados prontos e rápidos, facilitando a elaboração de projetos e pesquisas realizadas pelos alunos do Centro de Ciências Tecnológicas (CCT), bem como de outros profissionais que queiram utilizar dessas informações. Ademais, os projetos de Topografia e Cartografia gerados pela estação terão caráter formal, visto as condições oficiais em que essa se encontra. O estudo oferece um embasamento para qualquer instituição de ensino que queira analisar os benefícios acadêmicos e profissionais de uma base geodésica homologada sob seu domínio.

Palavras-chave: Homologação. Base. Geodésia. UEMA. RBMC.

ABSTRACT

The significant evolution of technology in the area of geo-referencing demonstrates that higher education institutions must be attentive and up-to-date in this development. This work consists of a preliminary study with the aim of homologating with the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) the geodetic basis of the State University of Maranhão and includes it in the Brazilian Network of Continuous Monitoring (RBMC), demonstrating its importance and verifying if the base is in minimum conditions required by the IBGE standards for the homologation to be performed. The methodology includes the analysis of the structure of the base and its location of implementation, the homologation stages and, finally, a case study highlighting the importance of homologation and its functionality. The results show the adequate conditions in which the base is in order to begin the process of homologation by the IBGE and the advantages that this provides to students and teachers making classes faster and more dynamic. Its use in the UEMA allows the generation of quick and ready results, facilitating the elaboration of projects and researches carried out by the students of the Center of Technological Sciences (CCT), as well as other professionals who wish to use this information. In addition, the projects of Topography and Cartography generated by the station will have a formal character, given the official conditions in which it is found. The study provides a foundation for any educational institution that wants to analyze the academic and professional benefits of a geodetic base homologated under its domain

Keywords: Homologation. Landmark. Geodetic. UEMA. RBMC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma de etapas de realização do projeto.....	18
Figura 2 - Cronômetro marinho	20
Figura 3 - Constelação GNSS	21
Figura 4 - Satélite PARUS	22
Figura 5 - Satélite GPS.....	23
Figura 6 - Satélite GLONASS-M em etapa final de fabricação	24
Figura 7 - GIOVE-A (Esquerda) e GIOVE-B (Direita)	25
Figura 8 - Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro	29
Figura 9 - RBMC 2018.....	33
Figura 10 - Posicionamento por ponto.....	35
Figura 11 - Minimizando o DOP	36
Figura 12 - Sistema RTK	38
Figura 13 - Alturas da antena	41
Foto 1 - Altura do Ref. do marco até o APC	41
Foto 2 - Altura ARP para Ref. do marco.....	42
Foto 3 - Marco sem radome	44
Foto 4 - Terreno atrás do laboratório de topografia	45
Foto 5 - Base Geodésica da UEMA.....	45
Foto 6 - Visão lateral do marco.....	46
Figura 14 - Demarcação e início da construção da fundação.....	47
Figura 15 - Abertura do buraco conforme dimensões especificadas	47
Figura 16 - Colocação das ferragens das estacas e do pilar devidamente engastadas na ferragem da base.....	48
Figura 17 - Parte inferior do marco concretada	48
Figura 18 - Colocação da forma do pilar na base do marco	49
Figura 19 - Especificação geral da chapa	50
Figura 20 - Especificação geral da legenda a ser estampada na chapa	50
Figura 21 - Chapa Padrão do IBGE.....	51
Figura 22 - Campo "código" e "identificação" do formulário do IBGE.....	52
Figura 23 - Componentes do pino de centragem forçada padrão IBGE.....	53
Figura 24 - Esquema do pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada...54	
Figura 25 - Pilar com chapa de identificação fixada no seu corpo.....	57

Foto 7	- Marco Geodésico finalizado	57
Foto 8	- Visão lateral do marco.....	58
Figura 26	- Receptor GNSS Trimble NetR9.....	59
Foto 9	- Receptor GNSS Trimble NetR9 em funcionamento	60
Figura 27	- Configurações do receptor	62
Figura 28	- Estado do receptor	62
Figura 29	- Configuração do Registro de dados	63
Figura 30	- Início do rastreamento.....	63
Figura 31	- Parte inicial do formulário.....	65
Figura 32	- Localização, descrição e Itinerário da estação.....	66
Foto 10	- Ponto de estudo	71
Foto 11	- Levantamento do ponto.....	71
Figura 33	- Configurações do levantamento.....	72
Quadro 1	- Precisão com base no tempo de rastreamento	73
Figura 34	- Retirando os dados da RBMC na página do IBGE.....	74
Figura 35	- Retirada dos dados da RBMC no site do IBGE 2.....	75
Figura 36	- Processamento pela <i>Topcon Tools</i>	75
Figura 37	- Relatório com resultado do processamento do ponto	76
Figura 38	- Configuração dos dados para início do levantamento.....	78
Figura 39	- Estado e quantidade de satélites a serem utilizados.....	78
Figura 40	- Processamento pela <i>Topcon Tools</i> utilizando a base da UEMA.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estações de referência SIRGAS2000 situadas no Brasil e respectivas coordenadas cartesianas referidas a época 2000,4.....	31
Tabela 2 - Estações de referência SIRGAS2000 situadas no Brasil e respectivas coordenadas geodésicas referidas a época 2004	31
Tabela 3 - Estimativa da precisão por PPP	35
Tabela 4 - Estimativa da precisão para posicionamento GNSS relativo	37
Tabela 5 - Comparação de resultado PPP x <i>Topcon Tools</i>	62
Tabela 6 - Resultado do processamento pelo PPP	73
Tabela 7 - Resultado processamento pela <i>Topcon Tools</i> utilizando a base da SALU.....	76
Tabela 8 - Comparação de resultados	76
Tabela 9 - Resultado processamento pela <i>Topcon Tools</i> utilizando a base da UEMA.....	80
Tabela 10 - Comparação de resultados: BASE DA UEMA X BASE DA SALU X PPP	80

LISTA DE SIGLAS

ASCOM	Assessoria de Comunicação
CCGB	Comissão da Carta Geral do Brasil
CCRBMC	Centro de Controle da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
CCT	Centro de Ciências Tecnológicas
DOD	Departamento de Defesa Americano
DOP	<i>Dilution of Precision</i>
EG	Estação Gravimétrica
EP	Estação de Poligonal
EUA	Estados Unidos da América
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GEOFTP	GEO File Transfer Protoc
GGC	Gerência de Geodésia e Cartografia
GIOVE-A	<i>Galileo In-orbit Validation Element</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSA	Agência Europeia de GNSS
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPE	Instituto Federal de Pernambuco
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LDP	Linhas de Posição
LEO	<i>Low Earth Orbit</i>
LORAN	<i>LONg-RANge Navigation</i>
MEO	Órbita Média Terrestre
NAVSAT	Navy Navigation Satellite System
NRCan	<i>Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada</i>
NTI	Núcleo de Tecnologia de Informação
NTRIP	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
PDOP	<i>Positioning Dilution of Precision</i>
PPP	Posicionamento por Ponto Preciso
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RN	Referência de Nível
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>

SAD 69	<i>South American Datum</i> 1969
SCA	Sistemas de Controle Ativo
SCN	Sistema Cartográfico Nacional
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
VT	Vértice de Triangulação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivo.....	15
1.1.1	Objetivo geral.....	15
1.1.2	Objetivos específicos.....	15
1.2	Justificativa e importância do trabalho.....	15
1.3	Metodologia de elaboração do trabalho.....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1	Visão geral do GNSS.....	20
2.2	GPS (Estados Unidos).....	22
2.3	Glonass (Rússia).....	24
2.4	Galileo (Europa).....	24
2.5	GNSS em Levantamentos topográficos e geodésicos.....	25
2.6	Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).....	28
2.7	Sirgas 2000.....	30
2.8	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC).....	32
2.9	Importância de referencial geodésico para o georreferenciamento e para que precisamos.....	33
2.10	Técnicas de posicionamento.....	34
2.10.1	Posicionamento por ponto.....	34
2.10.2	Posicionamento relativo.....	36
2.10.3	Posicionamento relativo cinemático em tempo real (RTK).....	37
3	NORMAS PARA HOMOLOGAÇÃO.....	39
3.1	Instrução para homologação.....	40
3.2	Localização do marco.....	42
3.3	Construção do marco.....	46
3.4	Identificação da estação.....	49
3.5	Materialização do Marco (Pilar).....	52
3.5.1	Pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada no seu topo.....	52
4	COMPONENTES DA BASE GEODÉSICA DA UEMA.....	59
5	PROCESSO DE HOMOLOGAÇÃO.....	61
5.1	Etapa 1: materialização da estação e rastreamento dos dados.....	61
5.2	Etapa 2: formulários para preenchimento.....	64

5.3	Etapa 3: Envio de formulário e homologação do IBGE.....	67
5.4	Etapa 4: estação homologada e integrada ao RBMC.....	68
6	VERIFICAÇÃO DA IMPORTÂNCIA E FUNCIONALIDADE DA BASE GEODÉSICA DA UEMA PARA FINS ACADÊMICOS	70
6.1	Levantamento planimétrico de um ponto usando uma RBMC (IBGE) com dados a serem extraídos e pós processados pelo método PPP (IBGE) e software <i>Topcon Tolls</i>	70
6.1.1	Processamento pelo método PPP (IBGE)	72
6.1.2	Método de pós-processamento pelo Software <i>Topcon Tools</i> (utilizando a base da homologada da SALU).....	73
6.2	Levantamento planimétrico de um ponto usando a base geodésica pertencente ao campus UEMA	77
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	81
8	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	82
	APÊNDICE A - RELATÓRIOS DE OCUPAÇÃO A SEREM ENVIADOS AO IBGE	89
	APÊNDICE B - TERMO DE COMPROMISSO PARA HOMOLOGAÇÃO DE BASE GEODÉSICA.....	92
	APÊNDICE C - RELATÓRIOS DE PROCESSAMENTO PELO MÉTODO PPP E PELO TOPCON TOOLS UTILIZANDO A BASE DA UEMA (UEMATOP) E A BASE DA SALU.....	95
	APÊNDICE D - RELATÓRIO DE PÓS PROCESSAMENTO DA ESTAÇÃO DA UEMA PELO TOPCON TOOLS E PELO PPP	100

1 INTRODUÇÃO

As bases geodésicas (ou estações geodésicas) são amplamente utilizadas por profissionais para a confecção de serviços topográficos e geodésicos e, na sua totalidade, servem como uma rede de referência para a realização de obras de engenharia, tais como rodovias, ferrovias, edificações, pontes, nas divisões de loteamentos e regularização fundiária.

Essas redes de estações apresentam dados sobre a localização e o posicionamento de determinados pontos, com informações planimétricas, altimétricas e gravimétricas armazenadas oficialmente em um banco de dados, gerenciado atualmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A totalidade da rede é denominada, no Brasil, de Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Nessa rede foram utilizados, durante muito tempo, apenas métodos convencionais de posicionamento (através de teodolitos e estações totais) para a sua implantação e desenvolvimento.

Em 1996, com o avanço da tecnologia de posicionamento, o IBGE incluiu ao SGB a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). Essa rede de estações geodésicas é materializada, registrada e trabalhada através de tecnologia *Global Navigation Satellite System* (GNSS), que constitui um conjunto de sistemas de posicionamento global de precisão e rapidez utilizando satélites. O GNSS engloba o *Global Positioning System* (GPS), o GLONASS, o Galileo, o Compass, entre outros.

A RBMC recebe continuamente dados desses sistemas de posicionamento global (por isso são denominadas de redes ativas), para obtenção de coordenadas de pontos terrestres. Dessa forma, na RBMC não é mais necessário a utilização dos métodos convencionais de posicionamento.

De acordo com Fazan, Monico e Camargo (2002, p. 43), “devido ao crescente avanço e popularização do GPS, a cada dia mais usuários usufruem dessa tecnologia, e conseqüentemente utilizam dados de redes ativas”. Logo, a RBMC tem crescido continuamente, sendo a principal tecnologia de coordenadas de pontos e vem ganhando espaço na Topografia e Geodésia.

As RBMCs são usualmente implantadas em áreas de fácil acesso, tais como, praças públicas, escolas, rotatórias e universidades, colocadas estrategicamente para atender a demanda de futuros levantamentos topográficos. No caso das universidades, elas têm a finalidade de viabilizar projetos de pesquisas dos departamentos e dar apoio aos trabalhos de engenharia (civil ou agrônomo) a serem realizados, como é o caso da estação RBMC (PERC) localizada no Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) e da estação RBMC (RNNA) localizada no Campus da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Sendo assim, o presente trabalho visa apresentar os estudos para homologar, junto ao instituto responsável, a base geodésica pertencente à Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e inclui-la a RBMC, apresentando, juntamente, a importância dessa oficialização para a comunidade acadêmica.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade de homologação de um marco geodésico da UEMA junto ao IBGE e demonstrar sua importância e aplicação.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Verificar as fases de homologação, suas respectivas viabilidades, normas e critérios técnicos;
- b) Analisar o local de implantação da base;
- c) Demonstrar a importância da base geodésica homologada para o uso acadêmico e comunidade em geral.

1.2 Justificativa e importância do trabalho

Com a evolução da topografia através da tecnologia GNSS foi iniciado a construção em 2012 na UEMA de uma base geodésica, também chamada de estação geodésica ou marco geodésico (com referência à estrutura física da base), para fins acadêmicos.

Conforme Castanho, Costa e Teixeira (2014, p. 660):

O marco geodésico é de grande importância no georreferenciamento de qualquer obra ou empreendimento, além de apresentar-se como importante instrumento para atualização cartográfica. Com sua implantação os serviços de engenharia irão ser executados com maior segurança adquirindo resultados com maior confiabilidade.

Ter um marco geodésico sob o domínio de uma universidade fornece aos acadêmicos uma convivência mais próxima à tecnologia GNSS. A construção de uma base geodésica nesta IES, segundo o professor Demerval Dias Ramos (*in memoriam*) UEMA (2012), “tem o intuito de oferecer aos alunos uma tecnologia de ponta para que eles adquiram conhecimentos para melhor se posicionarem no mercado de trabalho”. O professor ainda afirma que a base possibilita levantamentos de dados topográficos, em que o aluno ou usuário pode manipular essas informações em tempo real.

Além dos benefícios técnicos que a base geodésica traz, é importante que ela seja homologada pelo IBGE e faça parte do SGB. O IBGE (2008b, p. 15) afirma, através do documento “Recomendações para levantamentos relativos estáticos”, que é essencial para as aplicações geodésicas que as estações de referência utilizadas no levantamento de pontos por posicionamento relativo e cinemático façam parte do SGB, o que dá mais credibilidade e precisão aos levantamentos realizados. Quanto a escolha das estações de referência, o IBGE afirma:

[...] é um item de fundamental importância no planejamento dos levantamentos com GPS que utilizem as técnicas de posicionamento relativo, pois os erros que afetam estas estações serão propagados para as estações a serem determinadas. Portanto, recomenda-se a utilização de estações pertencentes ao SGB materializadas pela tecnologia GPS. (IBGE, 2008b, p. 15).

Ademais, ultimamente vem se desenvolvendo a tecnologia como o Real Time Kinematic (RTK) em rede, em que, de acordo com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (2013, p. 11), “várias estações de monitoramento contínuo são conectados a um servidor central a partir do qual são distribuídos, por meio da Internet, os dados de correção aos receptores móveis”.

Uma característica básica do RTK em rede é a quantidade maior de estações a serem utilizadas, o que pode gerar maior acurácia e diminuição de erros nos resultados (BARBOSA, 2010).

Dessa forma, a homologação da base geodésica da UEMA poderá ajudar na densificação da rede de estações de referência quando a tecnologia da *Real Time Kinematic* (RTK) em rede vier a ser implantada no estado do Maranhão, fato ainda não alcançado.

O presente estudo poderá ainda servir de apoio a instituições de ensino que tenham interesse em instalar uma estação geodésica RBMC em suas dependências para fins acadêmicos, tendo este material como base de análise dessa implantação.

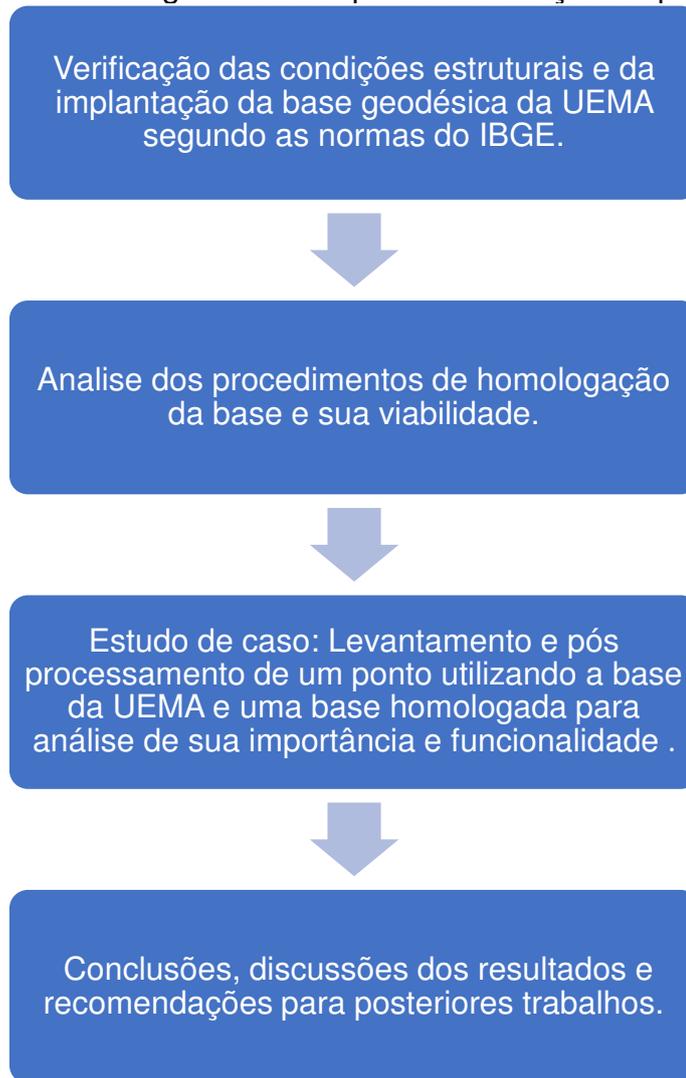
1.3 Metodologia de elaboração do trabalho

O método utilizado neste trabalho acadêmico consiste em uma análise bibliográfica inicial da tecnologia *Global Navigation Satellite System* (GNSS) e seus componentes. Nessa tecnologia estão incluídas as bases geodésicas ativas da RBMC e sua utilização na Topografia, Cartografia e áreas afins.

Após a teoria inicial, foram verificadas as condições estruturais da estação geodésica da UEMA, tendo como base as normas exigidas pelo IBGE e, posteriormente, analisados os procedimentos de homologação e as possíveis utilizações que ela teria após sua homologação.

Por fim, para melhor visualização da importância da homologação da base da UEMA e seu estado, após uma verificação das normas e leis técnicas disponibilizadas pelo IBGE, foi realizado um estudo de caso com dois rastreios de um ponto. No primeiro rastreamento foi utilizada uma base da RBMC homologada (IBGE) e dados pós-processados pelo método de Posicionamento por Ponto Preciso -PPP- (IBGE) e pelo software *TOPCON TOOLS*. No segundo rastreamento foi usada como base geodésica a estação da UEMA, sendo demonstrado o pós-processamento com o uso do software *TOPCON TOOLS*. A figura 1 ilustra os procedimentos metodológicos supracitados.

Figura 1-Fluxograma de etapas de realização do projeto



Fonte: Autor (2019)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde os primórdios da história humana tem-se procurado demarcar devidamente a posição de um determinado ponto, área, pessoa, lugar etc. Ou seja, saber a localização em um lugar contando com uma referência conhecida.

Durante as grandes navegações houve um grande interesse na confecção de mapas. Documentar certa área transformava o desconhecido em conhecido e a facilidade de transporte e comércio era maior. O domínio do posicionamento era necessário para poder ir e voltar de um lugar a outro com maior segurança e facilidade.

Suas orientações eram baseadas inicialmente no posicionamento das estrelas, Sol, Lua e planetas, o que dependia da habilidade do navegador e das condições climáticas (JEFFREY, 2010). Entretanto, com o passar dos anos equipamentos e técnicas de navegação foram se aprimorando, sempre tentando chegar a resultados mais precisos possíveis.

Cristóvão Colombo navegou em direção ao novo mundo utilizando o método de navegação estimada, uma técnica que consiste em medir sua atual posição baseado em uma previamente já determinada (JEFFREY, 2010). Caso o navegador vá em direção ao oeste a partir de uma localização conhecida a 10 km/h então, em 2 horas, ele estará a 20 km a oeste do seu ponto de partida. O desafio do método da navegação estimada é a acuracidade e a estimativa regular de velocidade e direção.

As grandes navegações se deram no tempo em que os métodos de posicionamento não faziam parte ainda de uma ciência exata, o que trazia regularmente drásticas consequências. Em 1707, uma frota de navios britânicos atingiu grandes rochas próximas às ilhas Scilly na Inglaterra, perdendo 4 naus e 1400 pessoas. A causa do problema deu-se em razão de um erro de navegação o que levou ao governo do país a decretar o “*Longitude act*”, cuja função era a premiação para qualquer um que solucionasse ou desenvolvesse o problema da longitude de uma região com precisão.

Apesar das premiações nunca terem sido entregues, a iniciativa levou a um grande desenvolvimento em diversas técnicas de navegação e equipamentos tais como o chamado cronômetro marinho (Figura 2) (JEFFREY, 2010).

Figura 2 - Cronômetro marinho



Fonte: Wikipédia (2015)

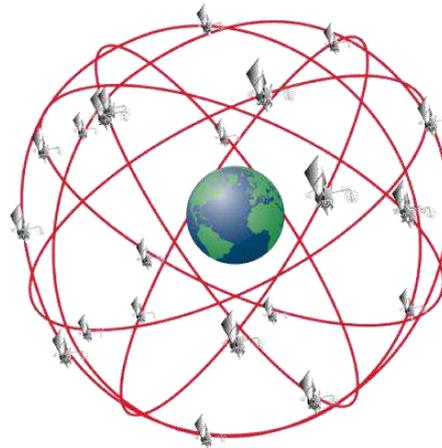
Com o advento do rádio no começo do século 20, sinais horários começaram a ser mandados para os navegantes para que eles regularmente pudessem ajustar seus cronômetros. Nos anos 40 do mesmo século foi desenvolvido o *LONg-RANge Navigation* (LORAN) ou sistema de navegação de longo alcance que segundo Silva (2013, p. 54) “o sistema utiliza o método de medida da diferença de distâncias a determinados pontos (estações do sistema) para obtenção das linhas de posição (LDP) que definem a posição do navio”.

A mudança mais significativa nas técnicas de navegação foi com a criação do GPS, o primeiro sistema pertencente ao GNSS. Tal mudança tornou mais preciso os sistemas de localização.

2.1 Visão geral do GNSS

O sistema GNSS é um conjunto de sistemas de navegações globais que usa satélites artificiais da Terra como pontos de referência (Figura 3). A divisão dos processos de desenvolvimento do GNSS, de um ponto de vista histórico, inclui a primeira e a segunda geração (RISTIC; PETROVACKI; GOVEDARICA, 2010).

Figura 3 - Constelação GNSS



Fonte: Stratoscience (2018)

A primeira geração do sistema GNSS está fora de uso atualmente, segundo Ristic, Govedarica e Petrovacki (2010), o Efeito Doppler foi usado como um princípio de determinação de coordenadas: o sinal é maior quanto mais perto for. Esta abordagem permitiu apenas a determinação da superfície - coordenadas 2D, enquanto era impossível determinar a altura. O sistema GNSS da primeira geração era baseado no lançamento de satélites em *Low Earth Orbit* (LEO), ou seja, em baixa órbita terrestre. A definição comumente aceita para o LEO é entre 160 e 2.000 km acima da superfície da Terra. Com base nas características do conceito LEO mencionado, os Estados Unidos da América (EUA) lançaram seis satélites à altura de 1100 km, formando o sistema TRANSIT (também conhecido como *Navy Navigation Satellite System* (NAVSAT)).

O primeiro sistema TRANSIT foi lançado em 1960 com um período orbital de 160 minutos e foi transmitido em 150 e 400 MHz. As duas frequências foram usadas para permitir que a curvatura das balizas de rádio por satélite pela ionosfera fosse cancelada, melhorando assim a precisão de localização. A acuracidade do sistema TRANSIT de posicionamento chegou em torno de 200 metros, ou 20 metros com certas correções, e foi operacional até 1991 (RISTIC; GOVEDARICA; PETROVACKI, 2010).

A URSS desenvolveu o chamado sistema TSYKLON (Ciclone) o primeiro protótipo de navegação por satélite do país, com o propósito de criar acurácia nos mísseis balísticos submarinos soviéticos. Consistia em 2 constelações de satélites: PARUS - constelação militar com 6 satélites na altura de 1000 km e TSYKADA -

constelação civil com 4 satélites na altura de 1000km. Primeiro lançamento do satélite TSYKLON foi realizado em 1967 (RISTIC; GOVEDARICA; PETROVACKI, 2010) (Figura 4).

Figura 4 - Satélite PARUS



Fonte: Goebel (2018)

A segunda geração do sistema GNSS, segundo Ristic, Govedarica e Petrovacki (2010), é o utilizado até hoje e ainda está em constante desenvolvimento. Nessa geração o posicionamento é realizado com base no tempo de propagação do sinal medido com precisão. É possível determinar as coordenadas espaciais (3D), a velocidade do receptor e o tempo atual. Ainda de acordo com os autores as redes ativas de segunda geração consistem em GPS (32 veículos em órbita, com 30 operacionais), GLONASS (24 satélites operacionais) e GALILEO (26 satélites operacionais), enquanto a rede COMPASS está na fase de desenvolvimento / ativação (em dezembro de 2011 foram lançados 10 satélites, com previsão de 35 em 2020).

As redes GNSS de segunda geração pertencem ao conceito de órbita média terrestre (MEO), o que significa que os satélites estão localizados a uma altitude entre 2.000 km a 35.786 km (entre órbitas LEO e alturas geoestacionárias), exceto o sistema COMPASS que é geoestacionário (RISTIC; GOVEDARICA; PETROVACKI, 2010).

2.2 GPS (Estados Unidos)

O GPS, segundo McCormac (2011), é a primeira e uma das maiores ferramentas de levantamento geodésico já desenvolvida. Através do sistema os

pontos são localizados rapidamente sobre a Terra através da medição de distâncias ao satélite artificial (Figura 5).

Figura 5 - Satélite GPS



Fonte: Sheridan (2013)

Lançados de forma secreta em 1978 pelo Departamento de Defesa Americano (DOD), atualmente a constelação conta com 32 satélites, 30 estão em operação e mais de 10 bilhões de dólares foram gastos para estabelecer o sistema. Os satélites estão a 20.200 km acima da superfície e a atração gravitacional do planeta os mantém em órbita. Cada satélite, que permanece verticalmente em uma trajetória paralela à superfície curva da Terra, está localizado em seis diferentes planos orbitais, inclinados de 55° em relação ao Equador e espaçados 60° em longitude (INSTITUTO GEOEDUC, 2015).

O objetivo original do sistema consistia no uso militar, permitindo que aeronaves, navios e unidades militares determinassem suas posições geodésicas. Apesar da origem militar, ela beneficiou diversos grupos, como o público em geral e os profissionais liberais de levantamento. O GPS tem a vantagem de poder ser usado em qualquer lugar, a qualquer hora e realizado para qualquer tarefa.

Segundo Vaz (2011, p. 19) “o GPS permite que no mínimo quatro satélites estejam disponíveis para o usuário em qualquer lugar do mundo” O mesmo autor afirma que o GPS é formado de 3 segmentos principais: Espacial, Controle e de Usuários. O primeiro está associado com a constelação dos satélites e seus sinais. A

manutenção e o monitoramento do sistema são realizados através do Controle. O último é abrangente e continua a se ampliar.

2.3 Glonass (Rússia)

A GLONASS é operada pelo governo russo. O sistema foi desenvolvido para proporcionar a posição e velocidade em tempo real, inicialmente para o uso de navegação militar (Figura 6). Foi o segundo sistema de navegação por satélite criado pelo país, melhorando o sistema TSIKLON que precisava de 1 ou 2 horas de processamento de sinal para calcular a localização com alta precisão. O sistema assim como o GPS é dividido em 3 segmentos: Espacial, Controle, Usuários (JEFFREY, 2010).

Figura 6 - Satélite GLONASS-M em etapa final de fabricação



Fonte: Jeffrey (2010)

2.4 Galileo (Europa)

No final do século 20, os países europeus vieram com a ideia de desenvolver seu próprio sistema GNSS, unicamente para uso civil. Foi criado pela União Europeia através da Agência Europeia de GNSS (GSA). O primeiro satélite a ser lançado em 28 de dezembro de 2005 como teste foi a *Galileo In-orbit Validation Element* (GIOVE-A) (BARTOLOMÉ et al., 2015) (Figura 7). Atualmente conta com 26 operacionais.

Figura 7 - GIOVE-A (Esquerda) e GIOVE-B (Direita)



Fonte: Bartolomé et al. (2015)

2.5 GNSS em Levantamentos topográficos e geodésicos

Devido à alta tecnologia desenvolvida nos receptores da GNSS e sua alta exatidão, Fazan, Monico e Camargo (2002) afirmam que a mesma é utilizada em aplicações civis, tais como: navegação, posicionamento geodésico e topográfico, agricultura de precisão, controle de frotas, Meteorologia, pesquisas de deformação da crosta, estudos de estabilidade e deformação e, principalmente, em obras de engenharia.

A aplicabilidade do GNSS em obras de engenharia está no seu uso em levantamentos topográficos e geodésicos, utilizando receptores pertencentes a RBMC.

Para um melhor entendimento da aplicabilidade do GNSS na topografia e geodesia, faz-se necessário uma breve explicação desses termos.

A palavra topografia decorre da junção das palavras gregas TOPHOS + GRAPHEN, que significa descrição de um lugar. Essa área é amplamente utilizada para a implantação (chamadas locações) e acompanhamentos de obras como: projeto viário, edificações, urbanizações, movimento de terra, etc.

A topografia é a ciência aplicada que determina o contorno, as dimensões, a altura de pontos em relação a uma Referência de Nível, o relevo, a área e a posição relativa de pontos de uma determinada área (uma gleba) da superfície terrestre, ou ainda do fundo dos mares, rios, lagos, interiores de minas e túneis. Isto é possível através da determinação (medição) de

ângulos, distâncias, altitudes (ou cotas) e/ou coordenadas. (ZIMMERMANN, 2015, p. 7).

O termo é apenas aplicado para áreas relativamente pequenas, em que a curvatura da terra não é considerada nos levantamentos, e analisa porções limitadas de terras. A topografia é, por conseguinte, parte de um ramo maior chamado geodesia geométrica. Segundo Jelinek (2009, p. 1), “a Geodésia se preocupa com a forma e dimensões da Terra, enquanto a Topografia se limita a descrição de áreas restritas da superfície terrestre.”

A topografia e a geodesia têm como seu principal objetivo a determinação de coordenadas relativas de pontos e, por isso é necessário que estas coordenadas sejam expressas em um determinado sistema de coordenadas. Em consequência, o IBGE implantou em 1944 o SGB¹, que consiste em uma lista de coordenadas de objetos (estações), distribuídas ao redor do país, para servir de referência quanto ao posicionamento de pontos em levantamentos topográficos ou geodésicos (SILVA, 2015).

Quanto à implantação do SGB, Costa (2000, p. 1) afirma que:

Durante quatro décadas foram utilizados procedimentos e instrumental hoje considerados como ‘clássicos’ em Geodésia, uma vez que era o que havia de mais preciso neste período [...]. O instrumental usado na época era teodolitos e medidores eletrônicos de distância, como por exemplo o teodolito Wild T3 e o distanciômetro AGA-600, respectivamente.

Inicialmente essas estações eram referenciadas através de grandes cadeias de triangulação e, posteriormente, iniciou-se a densificação através do método da poligonação (COSTA, 2000). Tais métodos denominados “clássicos”, foram aplicados até meados da década de 90 (SILVA, 2015). Ademais, utilizava-se um sistema terrestre e topocêntrica de referência, ou seja, um sistema fixo à Terra que rotaciona junto com ela.

Com o passar do tempo, e com o desenvolvimento das operações de rastreamento de satélites artificiais, o IBGE passou a utilizar as técnicas associadas ao GPS nos métodos de ajustamento dos sistemas de referência. Monico (2008, p. 95) afirma que: “No posicionamento por satélites, os sistemas de referências adotados são, em

¹ Ver seção 2.7.

geral, globais e geocêntricos, haja vista que o movimento dos satélites é ao redor do centro de massa da Terra”.

Dessa forma a utilização do GPS nos levantamentos geodésicos conduziu à necessidade de sistemas de referência geocêntricos. Costa (2000, p. 2) declara:

A mudança de sistemas de referência regionais/locais para os sistemas de referência geocêntricos/globais torna-se necessária e inevitável, trazendo assim grandes benefícios e vantagens, dentre as quais pode-se citar: alcance de precisões a níveis muito melhores que no passado, compatibilidade de informações a nível internacional, maior confiabilidade nos resultados e, principalmente, uma maior facilidade para os usuários quando da integração de novos levantamentos ao SGB.

A utilização da tecnologia GNSS então passou a ter um papel importante nos levantamentos topográficos e geodésicos, sendo até hoje utilizada na densificação dos marcos planimétricos do SGB. Fonseca (2017, p. 44) frisa:

A produtividade elevada (do GNSS) é devido a atribuir coordenadas precisas em seu posicionamento a qualquer momento e independentemente das condições atmosféricas. A navegação e o processamento de dados são os princípios fundamentais para determinação de coordenadas dos pontos sobre a superfície da Terra, correlacionando as informações obtidas entre as constelações de satélites específicas com o equipamento GNSS. Dentro dos sistemas englobados pelo GNSS, temos o GPS, GLONASS, GALILEU, BEIDOU.

Na configuração atual do SGB ainda se tem as estações de rede clássica juntamente com as estações de posicionamento por satélites artificiais (estações SAT), as estações das redes estaduais e as estações da RBMC². Esta última, criadas em 1996, tem suas estações chamadas de “ativas”, pois as coordenadas são lidas continuamente.

Um estudo realizado por Ronierisson Mendes Fonseca apresentou uma equiparação entre a topografia utilizando estação total e o GPS no uso em locações de obras civis. O resultado conclui que as coordenadas dos pontos locados com GPS, quando comparados com as coordenadas definidas pela estação total obtiveram diferenças centimétricas, o que representa qualidades posicionais muito boas na utilização da tecnologia GNSS em levantamentos topográficos (FONSECA, 2017).

Outrossim, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA (2013) em seu Manual Técnico de Posicionamento, admite-se tanto métodos de

² Ver seção 2.9

posicionamento de pontos por GNSS quanto pelo método da topografia clássica para o georreferenciamento de imóveis rurais, o que mostra a significativa compatibilidade entre os dois.

2.6 Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)

A implantação, manutenção e definição do SGB é de responsabilidade do IBGE, da mesma forma com as especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos.

O Sistema Geodésico Brasileiro iniciou-se no começo do século com as triangulações para demarcar as fronteiras do sul do país, a cargo da Comissão da Carta Geral do Brasil (CCGB) em 1906. A CCGB deu origem a atual Diretoria de Serviço Gráfico do Exército. O sistema, segundo o IBGE, composto pelas redes altimétrica, planimétrica e gravimétrica é dividido em uma fase anterior e outra posterior ao advento da tecnologia de satélites artificiais com o propósito de posicionamento. Tal tecnologia propiciou a expansão do SGB a região da Amazônia, permitindo um mapeamento sistemático daquela área antes inexistente (MELLO, 1981).

O banco de dados geométrico do SGB compreende informações de bases de referência, com seus valores de dados auxiliares e coordenadas que estabelecem o SGB. No conjunto de estações, constituem as redes, segundo o IBGE (2018a) (Figura 8):

a) Altimétrica

Referência de Nível (**RN**)

b) Planimétrica

Estação de satélite **GPS e DOPPLER**

Estação de Poligonal (**EP**)

Vértice de Triangulação (**VT**)

c) Gravimétrica

Estação Gravimétrica (**EG**)

Figura 8 - Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro



Fonte: IBGE (2017b)

Dessa forma o SGB é muito importante para engenharia e áreas afins no desenvolvimento do país, tendo sua importância na manutenção e ampliação da rede de pontos geodésicos.

O SGB tem à disposição atualmente quatro sistemas geodésicos de referência, a CA, SAD 69, WGS 84 e SIRGAS 2000. Sendo a última utilizada para levantamentos geodésicos e de fins científicos (MONICO, 2008).

2.7 Sirgas 2000

Na atividade de posicionamento geodésico um referencial é definido e adotado convencionalmente, quer terrestre ou inercial, dando origem ao sistema de referência convencional geodésico, com todos os modelos, constantes numéricas e algoritmos claramente especificados (MONICO, 2008). O novo sistema de referência geodésico para o SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) é o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) estabelecido no ano 2000. Segundo Costa (2000), o IBGE foi escolhido como escritório central do projeto, principalmente pela ativa participação em trabalhos geodésicos a nível nacional e internacional.

De acordo com a Resolução R.PR – 1/2005 do IBGE (2005, p. 1), “para o desenvolvimento das atividades geodésicas, é necessário o estabelecimento de um sistema geodésico que sirva de referência ao posicionamento no território nacional”. Materializar um sistema de referência desenvolve uma estrutura na qual novos levantamentos e posicionamentos poderão ser realizados. As estações geodésicas são distribuídas ao longo do país e grande parte tem livre acesso ao público.

O SIGARS poderá, segundo o SGB, ser utilizado ao mesmo tempo que o *South American Datum 1969* (SAD 69), sistema anterior ao SIRGAS2000. A concomitância entre esses dois sistemas tem a finalidade de oferecer aos usuários um tempo de transição antes de adotar o SIRGAS2000 com exclusividade. Este tempo não poderá ser superior a 10 anos, e os utilizadores devem adequar-se e ajustar-se as bases de dados, métodos e procedimentos ao novo sistema (SILVA, 2015).

As estações de referência SIRGAS2000 existentes no Brasil para coordenadas cartesianas e geodésicas podem ser vistos respectivamente, nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Estações de referência SIRGAS2000 situadas no Brasil e respectivas coordenadas cartesianas referidas a época 2000,4

Estação	X (m)	Y (m)	Z (m)
BRAZ	4115014,085	-4550641,549	-1741444,019
BOMJ	4510195,835	-4268322,325	-1453035,300
CAC1	4164559,941	-4162495,407	-2445051,218
CANA	3875253,589	-4292587,088	-2681107,718
CORU	3229969,943	-5095437,766	-2063429,898
CRAT	4888826,036	-4017957,454	-798309,017
CUIB	3430711,406	-5099641,565	-1699432,931
FOR1	4982893,151	-3959968,539	-411742,293
FORT	4985386,605	-3954998,594	-428426,440
IMBI	3714672,427	-4221791,488	-2999637,883
IMPZ	4289656,441	-4680884,944	-606347,331
MANA	3179009,359	-5518662,100	-344401,823
MCAE	4400142,600	-3932040,418	-2412305,322
PARA	3763751,652	-4365113,803	-2724404,694
POAL	3467519,402	-4300378,535	-3177517,730
PSAN	3998232,011	-4969359,526	-6340,615
RECF	5176588,653	-3618162,163	-887363,920
RIOD	4280294,879	-4034431,225	-2458141,380
SALV	4863495,731	-3870312,351	-1426347,813
UEPP	3687624,315	-4620818,606	-2386880,343
VICO	4373283,313	-4059639,049	-2246959,728
SMAR	3280748,410	-4468909,741	-3143408,684

Fonte: IBGE (2005)

Tabela 2 - Estações de referência SIRGAS2000 situadas no Brasil e respectivas coordenadas geodésicas referidas a época 2004

Estação	Latitude (° ' ")	Longitude (° ' ")	Altitude Elipsoidal (m)
BOMJ	13 15 20,0103 S	43 25 18,2468 W	419,401
BRAZ	15 56 50,9112 S	47 52 40,3283 W	1106,020
CAC1	22 41 14,5337 S	44 59 08,8606 W	615,983
CANA	25 01 12,8597 S	47 55 29,8847 W	3,688
CORU	19 00 01,0131 S	57 37 46,6130 W	156,591
CRAT	07 14 16,8673 S	39 24 56,1798 W	436,051
CUIB	15 33 18,9468 S	56 04 11,5196 W	237,444
FOR1	03 43 34,3800 S	38 28 28,6040 W	48,419
FORT	03 52 38,8046 S	38 25 32,2051 W	19,451
IMBI	28 14 11,8080 S	48 39 21,8825 W	11,850
IMPZ	05 29 30,3584 S	47 29 50,0445 W	105,008
MANU	03 06 58,1415 S	60 03 21,7105 W	40,160
MCAE	22 22 10,3989 S	41 47 04,2080 W	0,056
PARA	25 26 54,1269 S	49 13 51,4373 W	925,765
POAL	30 04 26,5528 S	51 07 11,1532 W	76,745
PSAN	00 03 26,4338 S	51 10 50,3285 W	-15,506
RECF	08 03 03,4697 S	34 57 05,4591 W	20,180
RIOD	22 49 04,2399 S	43 18 22,5958 W	8,630
SALV	13 00 31,2116 S	38 30 44,4928 W	35,756
UEPP	22 07 11,6571 S	51 24 30,7223 W	430,950
VICO	20 45 41,4020 S	42 52 11,9622 W	665,955
SMAR	29 43 08,1260 S	53 42 59,7353 W	113,107

Fonte: IBGE (2005)

2.8 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC)

Para atingir as precisões desejáveis de pontos faz-se necessário novos procedimentos para a manutenção e acesso às redes de referência terrestre. Sendo assim, o tempo torna-se uma nova variável para a manutenção desses sistemas devido a estudos do movimento de rotação terrestre, do movimento de placas tectônicas continentais e monitoramento do nível médio dos mares (COSTA, 2000).

Por conseguinte, foi criada a RBMC, um conceito que diz respeito às redes ativas, também denominadas de Sistemas de Controle Ativo (SCA). Essa rede é equipada com receptores GNSS de desempenho alto, é um conjunto de estações geodésicas pertencentes ao SGB que promove, uma vez por dia ou em tempo real, observações para acompanhamento das variações de coordenadas (velocidades das estações), devido aos fenômenos descritos acima (IBGE, 2017c).

As bases da RBMC têm a função de estação base, já que em todas os levantamentos geodésicos e topográficos do GPS está subentendido o uso do método relativo no posicionamento (VAZ; SILVA; RIBEIRO, 2012). Isso tira a necessidade de que o usuário estacione um receptor em lugares que frequentemente possuem dificuldades para o seu acesso. Ademais, as estações da RBMC apresentam grandes desempenhos o que cria observações de qualidade e confiáveis.

O serviço de homologação de marcos geodésicos do IBGE se ampara na estrutura da RBMC usando-a para o ajustamento e pós-processamento dos dados dos pontos que irão ser homologadas. As estações RBMC é tomada com a estação de referência, ou seja, o ponto de coordenadas conhecidas. Os dados da RBMC são disponibilizados no portal do IBGE no dia seguinte ao rastreamento, pois os arquivos são de 24h de observações e, ao término do dia, os processos para montagem dos arquivos e testes de qualidade se iniciam e decorrem ao longo da madrugada, sendo disponibilizado às 7 h da manhã (IBGE, 2018c).

Segundo o Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (2018), a RBMC atualmente opera com 112 estações que tiram coordenadas de alta precisão. Foi expandida em relação a 2013 em 14%, implantando 4 novas estações na região sul 6 na Região Nordeste, 1 na Região Centro Oeste, 5 na Região Sudeste e 1 na Região

Norte (Figura 9). No Maranhão existe 4 estações geodésicas: São Luís (SALU), Imperatriz, Bacabal, Balsas.

Figura 9 - RBMC 2018



Fonte: IBGE (2017d)

2.9 Importância de referencial geodésico para o georreferenciamento e para que precisamos

Uma vez determinado ou materializado um referencial (*Datum*), um aspecto necessário é a sua densificação - procedimento que visa aumentar a densidade de estações com base ao referencial (MONICO, 2008). Dessa forma, é imprescindível

que haja materialização de pontos de um determinado referencial para que se tenha uma maior qualidade na determinação de coordenadas de novos pontos.

Foi exatamente o realizado pelo IBGE durante a implantação das bases da RBMC, cujo objetivo é abranger todo o território nacional brasileiro. Com sua tecnologia de alta precisão as estações da RBMC oferecem serviço de estação base (referência) para levantamentos por posicionamento relativo em trabalhos práticos e para pesquisas científicas, aumentando assim a produtividade dos levantamentos e conseqüentemente diminuindo custos de execução. Com a sua densificação é possível utilizar maiores quantidades de estações da RBMC como referência garantindo assim o aumento da confiabilidade da determinação de novos pontos.

2.10 Técnicas de posicionamento

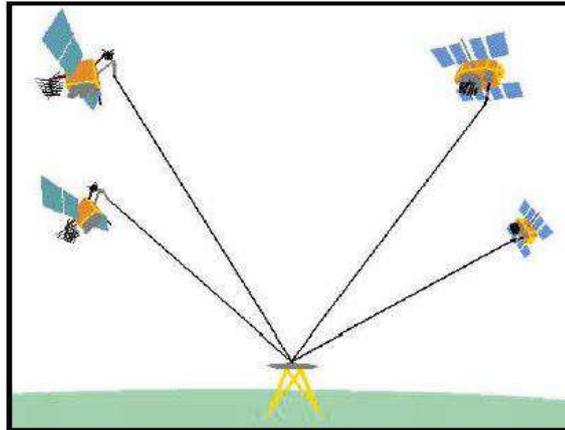
O sistema GNSS de navegação é composto por 3 segmentos: espacial, controle e de usuários. O segmento espacial consiste nos satélites em órbita, o de controle monitora e gerencia continuamente o sistema de satélites e o de usuários está diretamente associado aos equipamentos receptores GNSS. Esses equipamentos são variados em tipos, marcas e precisões de recebimento das ondas eletromagnéticas dos satélites.

Os receptores utilizam técnicas de posicionamento para a retirada das coordenadas de um ponto, que podem ser classificados em posicionamento absoluto, quando as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro, e relativos, quando as coordenadas são determinadas com relação a um referencial materializado por um ou mais pontos de coordenadas conhecidas (MONICO, 2008).

2.10.1 Posicionamento por ponto

Também chamado de Posicionamento Absoluto (pode ser subdividido como posicionamento por ponto e posicionamento por PPP), o método considera somente as observações coletadas individualmente através de um equipamento, com o intuito de determinar sua posição, mais as informações dos satélites em um instante determinado. É necessário no mínimo 4 satélites para que o posicionamento absoluto retire suas coordenadas através do método de triangulação, conforme mostrado na figura 10.

Figura 10 - Posicionamento por ponto



Fonte: IBGE (2008b)

O posicionamento por ponto através do código C/A proporciona precisões inferiores em relação às outras técnicas, devido ao fato de apenas os erros do relógio do satélite e do receptor serem modelado na solução. Basta apenas um receptor para que seja feito o seu levantamento, não sendo necessário nenhuma estrutura adicional.

O PPP é o resultado de uma parceria entre *Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada* (NRCan) e a Coordenação de Geodésia do IBGE. É um serviço gratuito, em funcionamento desde 2009, para o pós-processamento de dados do sistema de satélite GNSS, e que define as coordenadas referenciadas ao SGB SIRGAS 2000 (IBGE, 2009).

Para que sejam processados os pontos é necessário que os arquivos de observação GNSS estejam no formato RINEX ou HATANAKA, informado no momento que submete ao processamento. A tabela 3 mostra a estimativa do nível de precisão em função do tempo de observação.

Tabela 3 - Estimativa da precisão por PPP

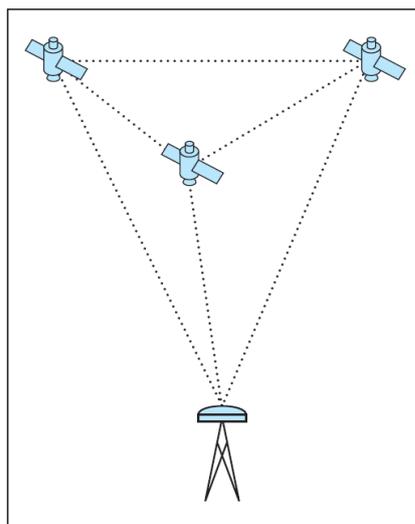
Tempo de observação	Precisão L1			Precisão L3 (L1&L2)		
	Latitude	Longitude	Altitude	Latitude	Longitude	Altitude
1 h	10 cm	20 cm	20 cm	2 cm	4 cm	4 cm
2 h	5 cm	12 cm	12 cm	1 cm	2 cm	2 cm
4 h	3 cm	7 cm	8 cm	5 mm	1 cm	2 cm
6 h	3 cm	6 cm	7 cm	5 mm	1 cm	1 cm

Fonte: IBGE (2017a, p. 21)

Um fator que influencia na qualidade do posicionamento é a geometria dos satélites, utilizado comumente através do *Dilution of Precision* (DOP) – Diluição da precisão. O arranjo geométrico dos satélites, assim como apresentado ao receptor, afeta a acurácia da posição e tempo de cálculo do receptor. Os receptores irão ser projetados para usar sinais de satélites disponíveis de maneira que minimize o chamado “Diluição da precisão” (IBGE, 2008b).

De acordo com Jeffrey (2010, p. 46), é possível definir o DOP “como uma representação numérica da geometria de satélites e isso depende se a localização está visível para o receptor”. Quanto menor o valor do DOP, mais preciso é o resultado do tempo ou posição de cálculo. Se o DOP está muito alto, a imprecisão da medida de posição será maior que a imprecisão da medida do alcance (Figura 11).

Figura 11 - Minimizando o DOP



Fonte: Jeffrey (2010)

2.10.2 Posicionamento relativo

Método que leva em consideração pelo menos dois receptores coletando dados conjuntamente dos mesmos satélites. Um dos receptores se encontra posicionado em um local com coordenadas conhecidas, chamada de estação de base ou de referência, e nas demais estações são calculadas suas coordenadas a partir da mesma. O processo de diferenciação entre as observações simultâneas deixa reduzir os erros inerentes as observações, tendo em vista que quanto menor for a distância entre os receptores (linha de base), mais semelhantes são os erros, permitindo

resultados de coordenadas com precisão centimétrica (IBGE, 2008b). Na tabela 2 (Fontes de erros no Posicionamento GNSS) do livro *Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos Associados ao Sistema Geodésico Brasileiro*, IBGE (2017a), os erros e efeitos apresentados (não eliminados no processo de diferenciação) devem ser reduzidos através de modelos matemáticos e/ou atmosféricos ou ainda pela combinação entre as observáveis (tabela 4).

Tabela 4 - Estimativa da precisão para posicionamento GNSS relativo

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 h	L1/L2	5 mm + 1 ppm
50 – 100 Km	Mínimo: 03 h	L1/L2	5 mm + 1 ppm
> 100 Km	Mínimo: 04 h	L1/L2	5 mm + 1 ppm

Fonte: IBGE (2017a, p. 22)

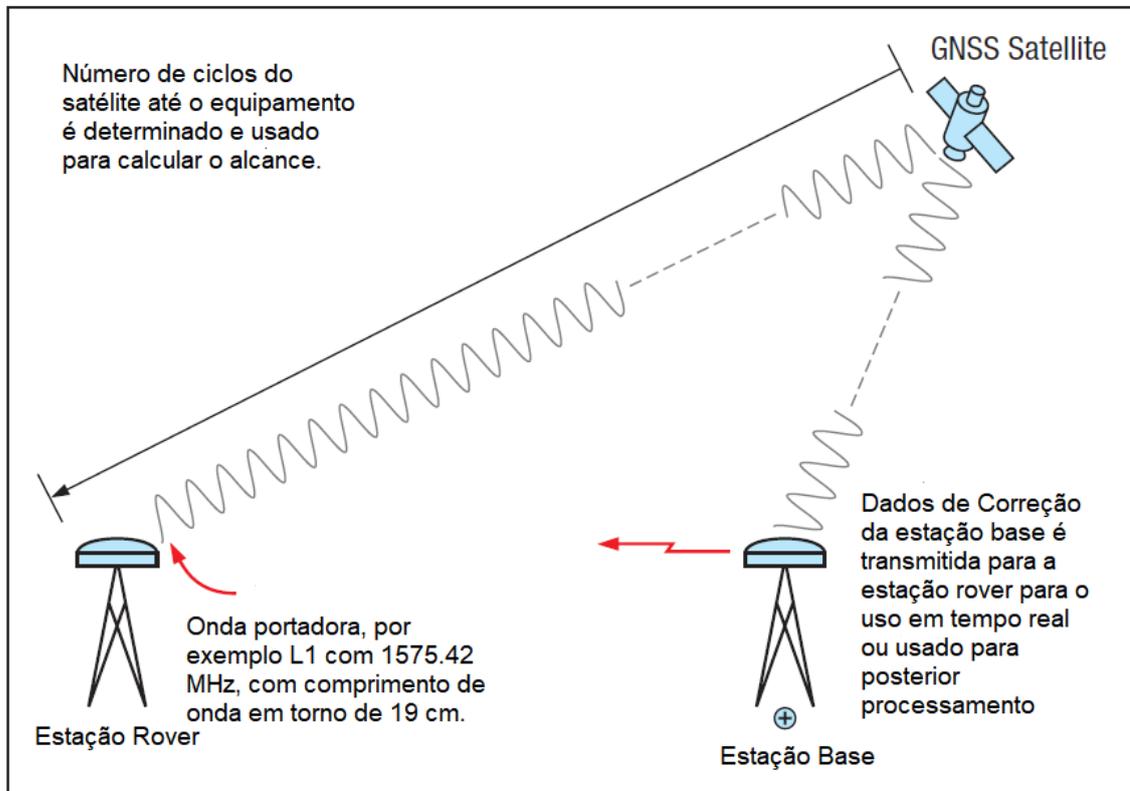
Devido não ser possível eliminar o efeito ionosférico nos levantamentos realizados com receptores de uma frequência, é recomendável que a distância entre a estação de referência e os demais pontos não seja maior que 10 km (IBGE, 2017a).

2.10.3 Posicionamento relativo cinemático em tempo real (RTK)

O conceito Básico do RTK é reduzir e remover erros comum a estação base e o pares de *rovers*. O Alcance é calculado para determinar o número de ciclos portadores entre o satélite e a estação *rover*, depois multiplicando este número pelo comprimento de onda (JEFFREY, 2010).

O cálculo de alcance ainda apresenta erros, como fontes do relógio do satélite, das efemérides, dos atrasos da ionosfera e troposfera. Para eliminar esses erros e para ter vantagem na precisão das medidas, a performance do RTK requer medidas a serem transmitidas da estação base até a estação *rover* (móvel) (Figura 12).

Figura 12 - Sistema RTK



Fonte: Jeffrey (2010)

3 NORMAS PARA HOMOLOGAÇÃO

Nesta etapa é verificada as normas pertinentes ao IBGE para a devida implantação de uma estação geodésica vinculado ao RBMC. A construção da estação geodésica pertencente ao CCT da UEMA foi realizada em 2012 e segundo seus executores seguiu as normas exigidas pelo IBGE. Entretanto, para a homologação, será verificado se o ambiente onde está instalado e se o estado do receptor ainda seguem tais normas prescritas.

De acordo com o Art. 13 e 14 do Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967, mostrado a seguir, os marcos homologados passam a ter normas de utilização e determinados cuidados:

Art.13 Os marcos, pilares e sinais geodésicos são considerados obras públicas, podendo ser desapropriadas, como de utilidade pública, as áreas adjacentes necessárias à sua proteção.

1º Os marcos, pilares e sinais conterão obrigatoriamente a indicação do órgão responsável pela sua implantação, seguida da advertência: "Protegido por Lei" (Código Penal e demais leis civis de proteção aos bens do patrimônio público).

2º Qualquer nova edificação, obra ou arborização que a critério do órgão cartográfico responsável possa prejudicar a utilização do marco, pilar ou sinal geodésico, só poderá ser autorizada após prévia anuência desse órgão.

3º Quando não efetivada a desapropriação, o proprietário da terra será obrigatoriamente notificado, pelo órgão responsável, da materialização e sinalização do ponto geodésico, das obrigações que a lei estabelece para sua preservação e das restrições necessárias para assegurar a sua utilização.

4º A notificação será averbada gratuitamente, no Registro de Imóveis competente, por iniciativa do órgão responsável.

Art.14 Os operadores de campo dos órgãos públicos e das empresas oficialmente autorizadas, quando no exercício de suas funções técnicas, atendidas as restrições atinentes ao direito de propriedade e à segurança nacional, têm livre acesso às propriedades públicas e particulares. (BRASIL, 1967, não paginado).

Consoante a norma, para os marcos que estão em uma área considerada particular, seu uso é público e qualquer obstrução ou construção ao redor que possa afetar seu correto funcionamento poderão ser notificadas e desapropriadas. O marco em estudo é público e pertencente a comunidade acadêmica, por isso qualquer um que queira utilizar de seus benefícios poderá legalmente exercer esse direito, com a devida autorização da instituição.

3.1 Instrução para homologação

O documento *Instruções para Homologação de Estações estabelecidas por outras instituições* disponibilizado pelo IBGE (2018b), exige que determinadas etapas sejam seguidas com o intuito de homologar e integrar os marcos ao SGB. A seguir são enumeradas algumas dessas exigências que se aplicam ao caso estudado.

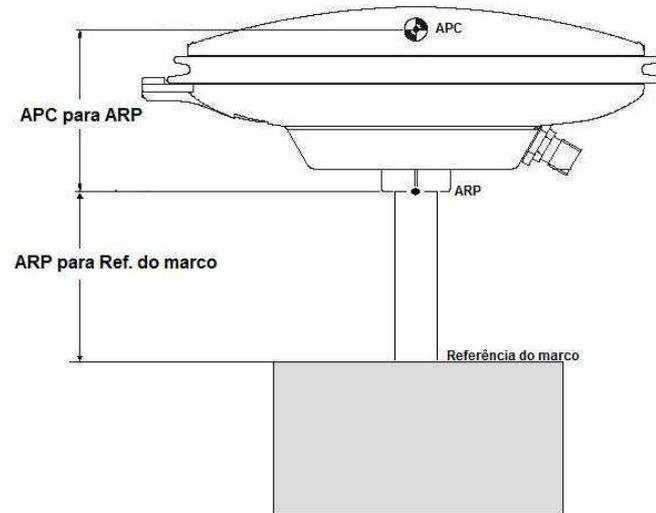
- a) Para a homologação do marco em estudo e sua inclusão ao RBMC deverá ser realizada, de preferência, através da conexão com uma estação da RBMC, ou, na falta dela, utilizar as estações referentes as Redes Estaduais ou estações GPS já pertencentes ao SGB;
- b) A partir desse marco de referência deverão ser observadas, através do método de posicionamento relativo, 4 (quatro) sessões para a determinação da estação; a duração de cada sessão deverá ser de 6h (seis horas) no mínimo; o intervalo entre as sessões será de no mínimo 1h (uma hora) e no máximo de 48h (quarenta e oito horas); e o intervalo para coletas de dados deverá ser de 5 ou 15 segundos.

Para a referida observação será utilizada como estação base a RBMC SALU, visto que ela se encontra próximo ao marco em estudo.

- c) Após esses procedimentos deverá ser preenchido o formulário disponibilizado no documento pertencente ao IBGE, contendo identificação completa do receptor e da antena, esquema ilustrando a medição da altura da antena e descritivo da estação, contendo sua localização, descrição, itinerário e observações, bem como encaminhar a documentação da construção do marco, com fotos de todas as etapas.

A seguir são mostradas as alturas da antena e seu método de medição, informações que devem constar no documento para homologação conforme determinado pela norma (Figura 13 e fotos 1 e 2).

Figura 13 - Alturas da antena



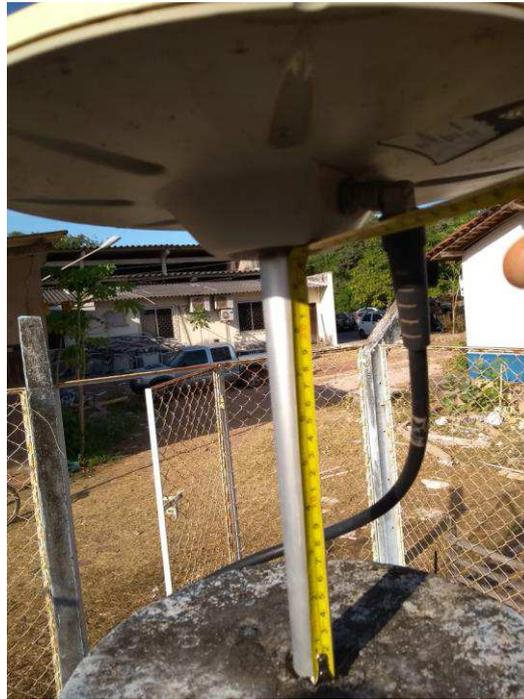
Fonte: IBGE (2008a)

Foto 1- Altura do Ref. do marco até o APC



Fonte: O autor, em 2018.

Foto 2 - Altura ARP para Ref. do marco



Fonte: O autor, em 2018.

A Altura do Ref. do marco até o APC teve o valor de 0,290 m (29cm).

A Altura ARP para Ref. do marco teve o valor de 0,250 m (25 cm).

3.2 Localização do marco

O local selecionado para a instalação deve atender características e informações de acordo com as normas estabelecidas pelo IBGE (2013), adquiridas pelo documento *Orientações para Instalação de Estações de Monitoramento Contínuo GNSS Compatíveis com o RBMC*, a seguir são transcorridas as principais normas e, posteriormente verificado se o marco em estudo segue as mesmas:

- a) A estação deve evitar falhas ativas na crosta terrestre em sua proximidade, fontes de deformações ou subsidência. Para isso o local deve apresentar crosta terrestre estável;
- b) Regiões com eventos como deslizamentos de terras, mudanças de água subterrânea, afundamento, e qualquer outro que possa prejudicar fisicamente o pilar da estação, não devem ser escolhidas para serem o

local do marco, devendo-se buscar lugares com superfície estável tais como rochas;

- c) Entre 0 e 5 graus de elevação da linha do horizonte da estação deve conter o mínimo de obstáculos possíveis. Acima de 5 graus deve estar livre de qualquer obstáculo;
- d) O local escolhido não deve ser modificado ao longo do tempo em seu ambiente, a exemplo de plantações de árvores altas, construções, dentre outros;
- e) Lugares com proximidade a fontes de sinais eletromagnéticos, como exemplo, radar, telefonia móvel, televisão e de rádio devem ser evitados, sobretudo as de rádio que transmitem frequências dentro dos intervalos de 1,17 GHz a 1,21 GHz, 1,22 GHz a 1,28 GHz e 1,57GHz a 1,61GHz;
- f) Lugares como lagos, telhados ou muros refletem os sinais de satélite e podem prejudicar o levantamento do ponto, logo devem ser evitadas;
- g) Ondas do mar, reservatórios de água, tráfego de veículos pesados e qualquer lugar com vibração excessiva, artificial ou não, também devem ser evitados;
- h) Não utilizar radome (cúpulas protetoras) nas antenas. Como pode ser visto na foto 3 não há radome;
- i) A energia elétrica deve ser permanentemente fornecida no local. Deve-se impossibilitar oscilações e instabilidades de tensão no dimensionamento do provimento de energia;
- j) O local selecionado deve apresentar segurança ao marco, ao receptor, à antena e os outros equipamentos de funcionamento da estação, preservando-se de lugares suscetíveis;

Foto 3 - Marco sem radome



Fonte: O autor, em 2018

- k) Evitar passagem excessiva de pessoas, veículos e animais no local que podem afetar a qualidade do marco e seus equipamentos de funcionamento. Não se pode gerar obstruções, ruídos e outros meios de impedimento para o funcionamento dos sinais de satélites. O local deve apresentar fácil acesso para usuários autorizados, permitindo eventuais manutenções.

O local escolhido para a localização do marco encontra-se na parte detrás do Laboratório de Topografia pertencente ao Centro de Ciências Tecnológica da UEMA (foto 4). A localização viabiliza e facilita projetos e pesquisas dos departamentos como também dar suporte técnico aos trabalhos de engenharia que possam vir a ser realizados em áreas adjacentes.

Como pode ser visto na foto 4, é uma área sem possibilidade de deslizamento de terra por estar em uma região plana e sem deformações, está longe de lagos, árvores altas, tráfego pesados e de sinais eletromagnéticos, conforme exigido pela norma.

Foto 4 - Terreno atrás do Laboratório de Topografia



Fonte: Autor, em 2019

A área em estudo é protegida por cerca dando maior segurança ao marco e apresenta fácil acesso para usuários. É uma área de energia elétrica permanente e estabilidade de tensão. O marco é livre de obstáculos entre 0 e 5 graus de elevação da linha do horizonte da estação, conforme visto nas fotos 5 e 6.

Foto 5 - Base Geodésica da UEMA



Fonte: Autor (2019)

Foto 6 - Visão lateral do marco



Fonte: Autor (2019)

3.3 Construção do marco

Seguindo as normas do IBGE (2013), através do documento “*Orientações para instalação de estações de monitoramento contínuo GNSS compatíveis a RBMC*”, o marco em estudo foi construído no formato de pilar e composto de concreto com dispositivo de centrarem forçada em seu topo (conforme recomendado), com materiais resistentes à intempéries e efeitos externos sem perigo de oxidação ou erosão.

Segundo o Documento deverão ser fotografadas todas as etapas de construção do marco, da fundação até a pintura (IBGE, 2013).

Contatando a Assessoria de Comunicação (ASCOM) da UEMA, obteve-se a informação de que as imagens de sua construção não foram encontradas, não sendo possível ser anexadas a este trabalho, entretanto, em e-mail enviado ao IBGE e respondida por Rui Anderson Moraes dos Santos, da equipe atendimento do Instituto, foi informado que é possível homologar uma estação geodésica mesmo que ela não possua fotos da construção, desde que o marco esteja com suas medidas e dimensões dentro das normas do Instituto.

Todas as etapas do procedimento da construção foram realizadas de acordo com as imagens mostradas no documento de padronização do marco geodésico do IBGE (Figuras 14 a 18).

Figura 14 - Demarcação e início da construção da fundação



Fonte: IBGE (2008a)

Figura 15 - Abertura do buraco conforme dimensões especificadas



Fonte: IBGE (2008a)

Figura 16 - Colocação das ferragens das estacas e do pilar devidamente engastadas na ferragem da base



Fonte: IBGE (2008a)

Figura 17 - Parte inferior do marco concretada



Fonte: IBGE (2008a)

Figura 18 - Colocação da forma do pilar na base do marco



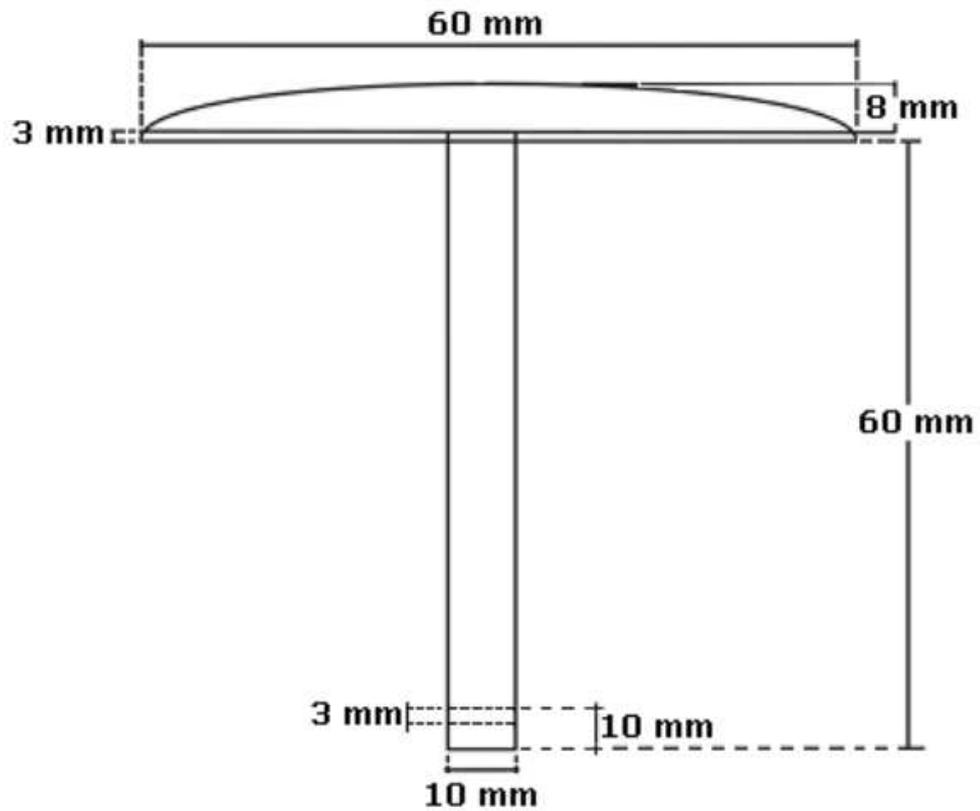
Fonte: IBGE (2008a)

O marco geodésico foi idealizado pelos professores do curso de engenharia civil, Demerval Dias (*in memoriam*) e Arnaldo Pinheiro de Azevedo, e viabilizado por meio de parceria entre a UEMA e a Alezi Teodolini (empresa na área de equipamentos topográficos).

3.4 Identificação da estação

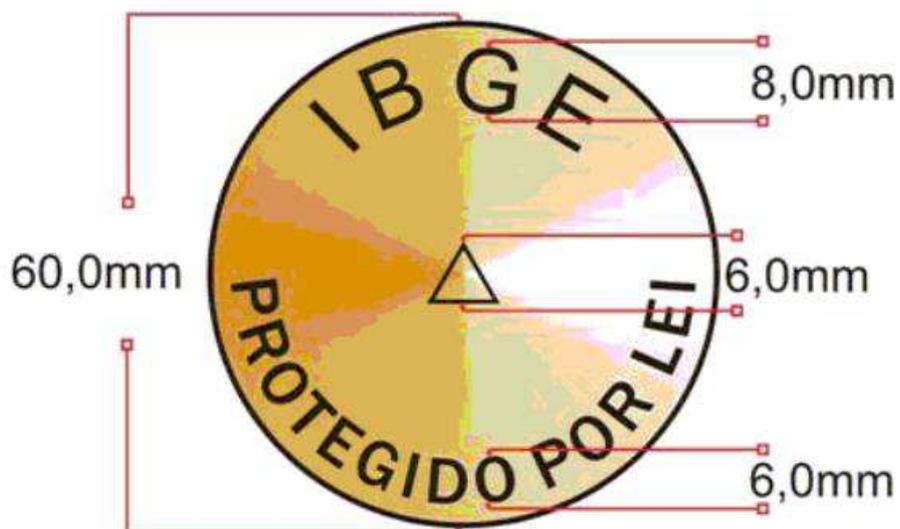
A chapa, de acordo com o documento *Padronização de marcos geodésicos*, do IBGE (2008a, p. 5) é uma peça metálica que identifica a estação (Figuras 19 e 20) engastada no corpo do pilar, tal como especificado na figura 20. Em virtude do IBGE não ser o responsável pela construção e medição do marco do CCT, seu registro não poderia ser registrada na chapa e, conseqüentemente, não foi construída.

Figura 19 - Especificação geral da chapa



Fonte: IBGE (2008a)

Figura 20 - Especificação geral da legenda a ser estampada na chapa



Fonte: IBGE (2008a)

Figura 21 - Chapa Padrão do IBGE



Fonte: IBGE (2008a)

A chapa de identificação deve ser firmada no ponto central do topo do marco, seguindo as legendas e especificações como visto, e a fixação deve ser realizada com resinas especiais para amarração de metal e concreto.

No preenchimento do formulário pertencente ao documento “Instruções para Homologação de Estações estabelecidas por outras instituições” do IBGE, segundo o e-mail recebido da instituição pelo Tecnologista em Informação Geográfica e Estatística Alberto Luís da Silva, no campo “Identificação” (Figura 22) normalmente é informado o código do marco que foi atribuído pelo solicitante (ex.: Base1, Marco1, M001, etc.), enquanto que no campo “Inscrição na chapa” é informado tudo que está descrito na chapa de identificação (ex.: Base1 - Empresa X - Protegido por Lei).

Pino

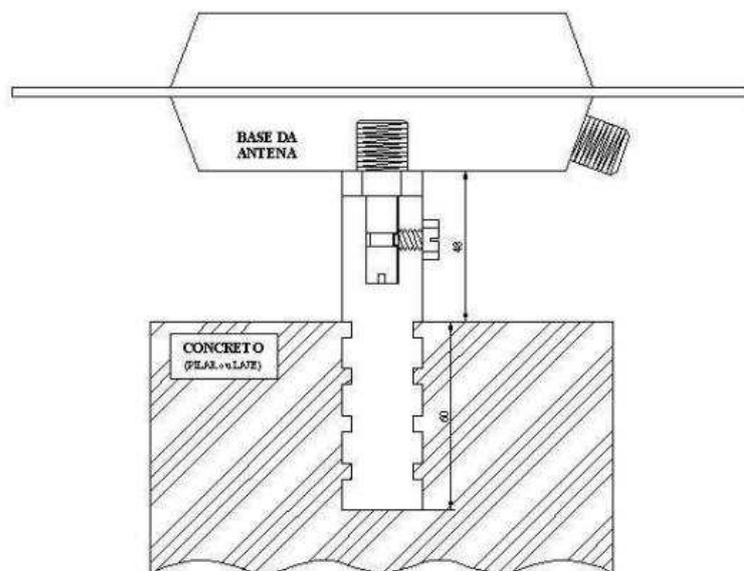
Aplicação:

- De estações de rastreio permanente (Redes Ativas) e marco principal pertencente ao RBMC, que é o caso do marco que visamos homologar na UEMA.

b) Formato e dimensão

- Molde cilíndrico
- 30 cm de diâmetro
- 1,30m de altura
- Base retangular com dimensões de 1,30 m x 1,00 m
- Base do topo de alumínio ou similar com dispositivo de centragem forçada (disco) ou com pino ou parafuso de centragem forçada.

Figura 23 - Componentes do pino de centragem forçada padrão IBGE



Fonte: IBGE (2008a)

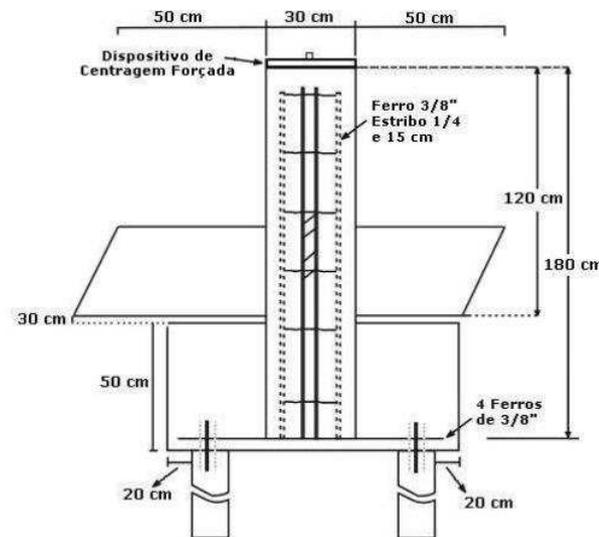
c) Forma

- Para a construção utiliza-se fôrma de PVC cilíndrica, com diâmetro de 0,30 m e altura de 1,30.

d) Construção

A figura 24 mostra o esquema do pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada, com suas dimensões e disposições da armação.

Figura 24 - Esquema do pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada



Fonte: IBGE (2008a)

- Adotar traço de 1:3:3 proporcionalmente de cimento, areia e pedra britada;
- Recomenda-se o uso sempre que possível de pedra britada número 0 (zero) ou 1 (um);
- Confeccionar o marco na localidade de sua implantação, utilizando-se de forma de material PVC. Utilizar óleo queimado para facilitar a retirada das formas. Vibrar o concreto utilizando vibrador portátil ou martelo de borracha;
- Após a aplicação da forma do pilar e da forma da sapata, e suas respectivas ferragens travadas, amarradas, niveladas e aprumadas;

iniciar a inserção do concreto, inicialmente nas brocas, posteriormente na sapata retangular, por finalmente no pilar redondo;

- Introduzir o concreto gradualmente e envolver o PVC com braçadeiras ou arame com o intuito de evitar a deformação. O concreto deverá ser colocado, no caso de pino, até que faltem cerca de 10 cm para o topo do pilar;
- Após a concretagem do pilar, logo em seguida, dispor no seu topo: disco de imbuia sob as mesmas dimensões do disco de alumínio, inclusive com os parafusos de fixação, tendo cuidado para que os parafusos estejam no mesmo nível do disco de imbuia;
- Forma de tubo de PVC de $\frac{1}{2}$, chegando a 10 cm de profundidade, e introduzir massa ao seu redor. Internamente e externamente à forma aplicar óleo queimado, facilitando a retirada posteriormente;
- Passados os 7 dias após a concretagem a forma de PVC deverá ser retirada. Cortar o PVC pelas laterais para facilitar a retirada da forma.
- No lugar do disco de imbuia (que deverá ser retirado), fixar o disco de alumínio;
- Colocar chapa cravada no pilar de forma que esteja na face de melhor visualização e 20 cm abaixo do topo. Deve conter identificação seguindo a norma para estação planimétrica;
- A localidade de estabelecimento do marco deverá ser pública, como universidades, escolas, etc.; ter solo firme, horizonte livre, segurança, fácil acesso, e, próximo de fonte de energia elétrica, de preferência;
- Abrir uma cava retangular de profundidade de 60 cm e dimensões de 1,40 m x 50 cm de lado;
- Abrir com trado com 20 cm de diâmetro um buraco a aproximadamente 20 cm da ponta da cava retangular até o encontro com um solo resistente ao trado;

- Fabricar estacas com ferragens (3/8 de polegada) na mesma metragem dos buracos realizados com o trado, com pontos de amarração e colocá-las dentro dos buracos;
- Construção de radier com 1,30 m x 40 cm de dimensão;
- Organizar a amarração da seguinte maneira: estaca, radier e pilar, amarrá-la com arame recozido à armação de ferro da estaca. Amarrar a ferragem do pilar com arame recozido à estrutura da sapata. Ter cuidado com a ligação da ferragem do pilar com a da sapata, para não haver degola do pilar, colocando ferros de ligação;
- Após a disposição desta base retangular, aplicar massa com o traço estabelecido até cobri-la totalmente;
- Quando estiver com suficiente consistência a massa da base retangular, colocar a forma do pilar, e, com auxílio de um prumo, verticalizar a estrutura, não esquecendo de colocar as escoras para concretagem do marco;
- Forma de PVC com 1/2 polegada para fixação posterior do pino ou parafuso de centragem forçada;
- Passados 7 dias de concretagem retirar a forma;
- Será colocado o disco de alumínio definitivo logo após a retirada da forma. O disco será fixado pelos parafusos com rosca ou o pino / parafuso de centragem forçada, nivelado por um equipamento específico e fixada com epóxi especial para ferro / concreto;

A figura 25 mostra um exemplo de pilar com chapa de identificação fixada no seu corpo.

Figura 25 - Pilar com chapa de identificação fixada no seu corpo



Fonte: IBGE (2008a)

De acordo com a análise presencial do marco da UEMA, ela segue as dimensões e as características exigidas para um marco de pilar de concreto segundo as especificações dispostas em IBGE (2008) conforme mostrado na foto 7.

Foto 7 - Marco Geodésico finalizado



Fonte: O autor, em 2018

A construção do degrau, como pode ser visto, foi realizado devido algumas possibilidades de pequenos níveis de água na região durante o período de chuva.

Segundo a norma do IBGE (2008) é recomendável a instalação de um sistema de para-raios do tipo ionizantes de preferência, para proteger a estação contra descargas elétricas, evitando a queima de equipamentos. A foto 8 mostra que foi instalado o equipamento de para-raios em uma das laterais da cerca de proteção.

Ela também exibe uma visão panorâmica do local, cuja edificação ao fundo corresponde as instalações do laboratório de topografia que abriga o receptor da Trimble.

Foto 8 - Visão lateral do marco



Fonte: O autor, em 2018

4 COMPONENTES DA BASE GEODÉSICA DA UEMA

As especificações mostradas a seguir têm o intuito de exibir a compatibilização dos equipamentos utilizados na composição do marco geodésico do Centro de Ciências Tecnológicas (CCT) com as normas exigidas do IBGE. Elas podem ser encontradas no documento “Orientações para instalação de estações de monitoramento contínuo GNSS compatíveis a RBMC”.

Quanto aos equipamentos empregados na base estão o receptor de referência GNSS Trimble NetR9 Ti-3 e uma antena Zephyr Modelo 2 TRM57971.00.

O receptor (Figura 26) foi desenvolvido para resultados de monitoramento contínuo para serem aplicados na Geodesia, Topografia, monitoramento de estruturas e GIS de alta precisão. A imagem do receptor pertencente a UEMA encontra-se na foto 9.

Figura 26 - Receptor GNSS Trimble NetR9



Fonte: KOREC Group.

Foto 9 - Receptor GNSS Trimble NetR9 em funcionamento



Fonte: O autor, em 2018

O equipamento, conforme SANTIAGO & CINTRA GEO -TECNOLOGIAS (2018) tem as seguintes características:

- É capaz de realizar transmissão de dados via *File Transfer Protocol* (FTP) no formato RIMEX 2.11 e 3.0, Trimble T02 e arquivos Google Earth.

- É um Receptor GPS com 440 canais paralelos e nova tecnologia R-Track para rastreamento da constelação GPS L1/CA/L2 (L2C e L5 opcional) e possibilidade de upgrade para GLONASS L1/CA/L1P/L2.

- Tem Precisão DGPS (opcional) horizontal de 0,25m RMS e vertical de 0,50m RMS. Precisão RTK (opcional) para linhas de base menores que 30 km de 08mm + 1ppm RMS na horizontal e 15mm + 1ppm RMS na vertical.

A antena Zephyr Geodetic modelo 2 TRM57971.00, acompanhado do receptor fornece consistentemente excentricidades de centro de fase de menos de 1 mm, o desempenho da antena garante que, mesmo em uma rede grande, todas as estações serão capazes de fornecer medições precisas e repetíveis (foto 1).

5 PROCESSO DE HOMOLOGAÇÃO

O processo de homologação de um marco geodésico para vinculá-lo a RBMC requer passos exigidos pelo IBGE. Eles foram divididos neste trabalho em etapas para melhor entendimento do processo.

5.1 Etapa 1: materialização da estação e rastreamento dos dados

A materialização da estação deverá ser feita em solo firme e estável e seguir as instruções de padronização de marcos geodésicos disponível no portal do IBGE. A base da UEMA já foi construída e implantada em forma de pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada incrustado no topo. Na sessão 3.2 deste trabalho foi analisado o estado do solo e a região entorno.

Após sua construção, o IBGE exige, como processo de integração do marco, que sejam rastreadas 4 (quatro) sessões e processadas pelo serviço PPP para a determinação das coordenadas da estação que se deseja homologar. A duração de cada sessão deverá ser de 6h (seis horas) no mínimo. O intervalo entre as sessões será no mínimo 1h (uma hora) e no máximo de 48h (quarenta e oito horas).

Para fim de exemplificação no presente trabalho foi realizado apenas um rastreamento, em que devem ser observados:

- a) As configurações do receptor (Figura 27)
- b) O estado do receptor (Figura 28)
- c) Configuração do registro dos dados (Figura 29)
- d) Início do rastreamento (Figura 30)

Figura 27 - Configurações do receptor

Configuração do receptor

Máscara de elevação: 10°
Máscara PDOP: 99
Precisão horizontal: 0.30 [m]
Precisão vertical: 0.30 [m]
Manobrar o relógio: Activado
Everest™ Mitigação de caminhos múltiplos: Activado
ID da antena: 265
Tipo de antena: Zephyr Geodetic 2 RoHS
Método de medição da antena: Parte inferior do ponto de montagem da antena
Altura da antena: 0.000 [m]
Ligar/Desligar 1PPS: Activado
Frequência externa disponível: Não detectado
Modo RTK: Latência reduzida
Movimento do receptor: Estático
Movimentação do mecanismo RTK: Estático
Filtro de entrada CMR: Desactivada
Latitude de referência: 2°34'57.58172"S
Longitude de referência: 44°12'38.36497"O
Altura de referência: 13.205 [m]
RTCM 2.x ID: 0
RTCM 3.x ID: 0
ID de CMR: 0
Nome da estação: UEMATOP
IP da Ethernet: 10.0.0.220
Nome do sistema: Trimble
Nome simplificado do DNS: netr9.intranet.uema.br.
Número de série: 5433R49281
Versão do firmware: 5.03
Data do firmware: 2015-06-29

Fonte: Autor, em 2019

Figura 28 - Estado do receptor

Estado do receptor - Posição

Posição:
Lat: 2° 34' 57.52521" S
Lon: 44° 12' 38.35325" O
Alt: 16.013 [m]
Tipo: Autônoma
Referência: WGS-84

Satélite utilizados: 16
GPS(8): 2, 5, 12, 15, 21, 24, 25, 29
GLONASS(8): 6, 7, 10, 11, 12, 21, 22, 23

Satélites localizados: 16
GPS (8): 2, 5, 12, 15, 21, 24, 25, 29
GLONASS (8): 6, 7, 10, 11, 12, 21, 22, 23

Diluições de precisão:
PDOP: 1.3
HDOP: 0.6
VDOP: 1.1
TDOP: 0.7

Estimativas de erro(1σ):
Este: 1.763 [m]
Norte: 1.404 [m]
Ascendente: 4.064 [m]
Semi-eixo maior: 1.765 [m]
Semi-eixo menor: 1.402 [m]
Orientação: 85.7°

Velocidade:
Este: 0.00 [m/s]
Norte: 0.01 [m/s]
Ascendente: -0.01 [m/s]

Relógio do receptor:
Semana GPS: 2024
Segundos GPS: 330649
Desvio: 0.00000 [mseg]
Deriva: -0.00006 [ppm]

Desvios de relógios de múltiplos sistemas:
Sistema do relógio principal: GPS
Desvio do GLONASS: 3.8 [ns]
Deriva do GLONASS: -0.006 [ns/s]

Detalhe da solução de posição:
Dimensão da posição: 3D
Aumento: GPS+GLN
Modo de Altura: Normal
Controles de correção: Desligado

2018-10-24T19:50:31Z (UTC)

Fonte: Autor, em 2019

Figura 29 - Configuração do Registro de dados

Configuração do registo de dados

Nome da sessão: Sessão 1
 Activar:
 Programa: Continuo
 Duração: 360 Minutos

Formato do ficheiro: T01 T02
 Intervalo de medição: 15 Seg
 Pseudo-intervalo regular:
 Fase regular:
 Incluir Doppler:
 Intervalo entre posições: 1 Min.
 O registo recebeu correcções:
 Registos de tensão/temperatura: Desligado
 Registrar dados de navegação não processados:
 Registrar dados de SBAS:

Sistema de ficheiros: /Internal
 Estilo de caminho: Sessão/Data
 Estilo do nome: #####YYMMDDhhmm
 Sufixo: B
 Acervo: Desligado
 Envio via FTP: Desligado 1 2 3
 Envio de e-mail:
 Converter: Nenhum (ficheiros de eMail T01/T02)
 Email To: rods.93@hotmail.com

OK Cancelar

Fonte: Autor, em 2019

Figura 30 - Início do rastreio

Arquivos de dados

Directório: /Internal/tccro1/2018/10/23

Directório de nível superior			
Directório superior			
Nome do ficheiro	Criado	Tamanho	
Selecionar tudo			
Eliminar ficheiros seleccionados			
5433R49281201810231200B.T02	2018-10-23T14:54:28 GPS	0	

Fonte: Autor, em 2019

O valor do *Positioning Dilution of Precision* (PDOP) de 1.3 e a quantidade de 16 satélites utilizados para rastreamento indicam uma boa geometria de satélites. Quanto mais satélites usados, maior a qualidade e a integridade da solução (Figuras 29 e 30).

O equipamento rastreia de forma contínua, com intervalo de medição de 15 segundos. Cada sessão registrada tem duração de 360 minutos (6 horas), como foi mostrado na figura 27. No momento do término do registro o aparelho automaticamente já inicia outra sessão de registro de 360 minutos.

Para efeito de comparação foi realizado também o pós-processamento da estação utilizando o software *Topcon Tools*, empregando como estações-bases a de Belém e imperatriz pertencentes à RBMC. O relatório de pós-processamento assim como o PPP encontra-se no apêndice D. Na tabela 5 são mostrados os resultados e comparados.

Tabela 5 – Comparação de resultado PPP x *Topcon Tools*

MÉTODO	N[m]	E[m]	h[m]	σ_N [m]	σ_E [m]	σ_h [m]
Topcon Tools	9714508,176	587748,248	10,94	0,005	0,013	0,014
PPP	9714508,132	587748,275	10,86	0,007	0,016	0,017

Fonte: O autor (2019)

Como pode ser visto pela tabela os resultados pelos dois métodos deram próximo, e o pós-processamento via topcon tools utilizando as duas estações bases foram melhores que a do método PPP, com erros na casa dos milímetros, o que mostrou um resultado satisfatório no rastreio.

5.2 Etapa 2: Formulários para preenchimento

Como procedimento da homologação da base e com a determinação de suas coordenadas geodésicas extraídas na etapa anterior, os formulários (também chamados de Relatórios de Ocupação) em anexo ao documento “homologação de marcos” pertencente ao IBGE devem ser obrigatoriamente preenchidos, tais como os ilustrados ao apêndice A do presente trabalho.

Em comunicação com o Eng.º Renato Rodrigues Pinheiro (Supervisor de Geodésia da Gerência de Geodésia e Cartografia - GGC/CE) do IBGE, foi informado que esses relatórios de ocupação poderão ser preenchidos de forma digital (PINHEIRO, 2019).

São transcritas na primeira parte as informações da base geodésica a ser homologada, com informações do nome do projeto de homologação, a instituição que deseja homologar, a localidade do marco em questão, juntamente com a data e as coordenadas aproximadas da estação (Figura 31).

Figura 31 - Parte inicial do formulário

Projeto: Homologação do Marco da UEMA	Empresa: UEMA	
Localidade: Tirirical	Município: São Luís	Estado: MA
Código: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <small>(a critério do IBGE)</small>	Identificação: UEMATOP	
Data: 08 / 11 / 2018	Dia Juliano: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
Coordenadas aproximadas:	Latitude: 2° 34' 57.52521" S	
	Longitude: 44° 12' 38.35325" O	
Inscrição na chapa: UEMA	Equipe: _____	

Fonte: O autor, em 2019

Assim como informado na sessão 6.4 deste trabalho, o código de identificação ficará a critério do IBGE, e no campo "Identificação" é informado o código do marco que foi atribuído pelo solicitante. Nesse caso é "UEMATOP".

Logo após, é transcrito a localização (informar o local específico onde se encontra a estação), descrição (descrever fisicamente o marco da estação). e itinerário (descrever o caminho necessário para chegar à estação), como constado na figura 32.

Figura 32 - Localização, descrição e Itinerário da estação

<p>Localização:</p> <p>Campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, Tirirical, São Luís, Próximo do laboratório de topografia e ao centro de ciências tecnológicas da universidade (CCT).</p>
<p>Descrição: Marco de concreto de formato cilíndrico, diâmetro do topo e de base de 0,30 m altura da torre de 1,30 m, base retangular com dimensões de 1,32 X 1,31 m e 0,77 m de altura. No topo há a antena Zephir Geodetic modelo 2 com altura de 0,25 m em relação ao cilindro de concreto.</p>
<p>Itinerário: Entrando no campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão seguindo em direção a prefeitura do campus. A estação encontra-se detrás do laboratório de topografia e ao lado da prefeitura.</p>

Fonte: O autor (2019)

Na segunda página do documento há a apresentação do croqui, mostrando a localização no prédio do CCT/UEMA, via imagem Google Earth juntamente com o gráfico de visibilidade da estação. Esse gráfico demonstra o posicionamento dos satélites no momento do rastreamento das sessões no processo da materialização da estação.

Por fim, na última página dos formulários, é informado os dados das 4 sessões do rastreamento, com as características da antena e do receptor, horário inicial e final de rastreio e a taxa de rastreio em segundos. Juntamente deve ser informado o esquema de medição da antena³ e sua altura total.

Assim como os formulários, deve ser mandado, devidamente assinado, o “Termo de Compromisso para Homologação de Marcos Geodésicos” (APÊNDICE B). Através do IBGE foi informado que o termo de compromisso deve ser preenchido à

³ Mostrado nas fotos 1 e 2 na seção 3.1, *Instrução para homologação*.

caneta e, se for necessário, reconhecer a firma do proprietário do terreno onde o marco foi construído.

Na cláusula primeira (Da Concessão de Uso e Divulgação dos Dados) é concedido ao preponente (Requerente da homologação da base) o direito do uso dos resultados da homologação da base. Como se trata de uma estação ativa, o preponente deve disponibilizar gratuitamente os dados GPS coletados no marco geodésico homologado a todos os usuários que os solicitarem.

A cláusula segunda ressalva que os dados enviados ao IBGE para a homologação pertencem ao preponente e os seus resultados ao instituto. Ambos protegidos pela lei de direitos autorais.

É importante frisar que, conforme o item 3.2 da cláusula segunda, todos os dados inseridos nesse trabalho para a homologação do marco são creditados ao IBGE.

5.3 Etapa 3: Envio de formulário e homologação do IBGE

Todas as informações anteriores deverão ser encaminhadas seguindo os critérios do IBGE, em mídia digital e impresso, no formato de relatório para a Coordenação de Geodésia⁴. Concomitantemente, deverá ser encaminhado também o IP público do receptor da estação ao Centro de Controle da RBMC⁵ (CCRBMC), para que seja formalizada a proposta de inclusão e para devida conexão da estação com o IBGE. Sendo assim, o local onde for instalado o receptor deve possuir rede lógica funcionando continuamente, com um ponto de Internet disponível, preferencialmente com um IP público estático. É o caso do receptor pertencente à UEMA.

O CCRBMC tem a função de promover a integração da nova estação ao Sistema Geodésico Brasileiro (IBGE, 2013); responsabilizar-se pela configuração e operação remota da estação, em caráter permanente; e publicar no portal do IBGE na

⁴ Conforme consta no 5º parágrafo da página 5 do documento sobre homologação de marcos geodésicos (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018b).

⁵ Pelo e-mail: rbmc@ibge.gov.br.

Internet os arquivos diários de observações GNSS, iniciando todos os dias às 00:00 horas e terminando às 23:59:15.

A partir do momento do envio do IP público, iniciam-se os testes da estação e, caso aprovada, ela será incorporada de forma operacional na RBMC, para a disponibilização diária dos seus dados. Além da inclusão no BDG (Banco de Dados Geodésicos), os dados coletados continuamente deverão ser disponibilizados via servidor *GEO File Transfer Protoc* (GEOFTP) e *Networked Transport of RTCM* via Internet Protocol (NTRIP), protocolo responsável pela adequação de transmissão de dados GPS/GNSS na Internet, através de um processo automático (SILVA, 2019)⁶. O processamento dos dados enviados é realizado através do software *Bernese GNSS* o que deixa as coordenadas mais precisas (IBGE 2019).

5.4 Etapa 4: Estação homologada e integrada ao RBMC

De acordo com o IBGE (2013), quaisquer requisitos ou necessidades de análise que sejam identificadas durante os processos de avaliação e integração da nova estação à RBMC serão indicados e tratados pelo CCRBMC, em conjunto com parceiro que esteja solicitando a integração da estação na RBMC.

Os dados gerados pela estação serão disponibilizados pela internet gratuitamente para qualquer usuário que os solicitarem⁷. Também foi analisado a possibilidade de os dados serem proporcionados diretamente ao sítio eletrônico da UEMA, facilitando seu acesso para qualquer discente da Universidade. Foi comunicado ao Núcleo de Tecnologia de Informação (NTI) da UEMA e afirmaram que é possível que os dados gerados no receptor possam ser enviados a um banco de dados da universidade, sendo disponibilizados pela instituição ao uso público (em seu sítio eletrônico). O primeiro passo seria enviar uma C.I. pelo sistema acadêmico para Divisão de Projetos e Desenvolvimento da Direção de Tecnologia de Informação.

Foi informado também, em contato com o IBGE por e-mail, que os dados coletados pelo equipamento poderão ser acessados localmente pelo responsável da estação em tempo real, evitando que seja esperado o dia posterior para a aquisição

⁶ Informação adquirida em conversa com o IBGE pelo e-mail (recebida dia 24/04/2019)

⁷ Conforme o item 1.1 do termo de compromisso que trata da homologação de marcos geodésicos (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018b).

dos dados, como é realizado no site do IBGE. Isso mostra-se como vantagem acadêmica, pois em processo de aula os dados geralmente são necessários no mesmo dia o que gera um melhor andamento das atividades desenvolvidas no laboratório e ao longo do semestre letivo.

6 VERIFICAÇÃO DA IMPORTÂNCIA E FUNCIONALIDADE DA BASE GEODÉSICA DA UEMA PARA FINS ACADÊMICOS

Foi realizado um levantamento planimétrico de um ponto localizado nas dependências do campus da UEMA. O experimento tem o intuito de mostrar de forma prática a importância da base da universidade e como ele facilita academicamente a execução de trabalhos e pesquisas de georreferenciamento para o CCT e, ainda, mostrar as condições de funcionamento da estação geodésica da UEMA. A seguir são elencados os materiais utilizados no experimento:

- a) Base geodésica (RBMC) da SALU (tipo do Receptor - TRIMBLE NETR9 e Tipo de Antena - ZEPHYR 3 GEODETIC {TRM115000.00});
- b) Base Geodésica do CCT (tipo do Receptor - TRIMBLE NETR9 e Tipo de Antena - ZEPHYR GEODETIC {TRM57971.00});
- c) 1 Receptor Trimble R4 *Model 3* GNSS;
- d) 1 Bipé para sustentação do receptor;
- e) Software *Topcon Tools 7.5.1*.

6.1 Levantamento planimétrico de um ponto usando uma RBMC (IBGE) com dados a serem extraídos e pós processados pelo método PPP (IBGE) e software *Topcon Tolls*

O levantamento foi realizado no Campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão. O ponto (Foto 10) se encontra em um campo aberto sem utilização específica, próximo a Pró-reitoria de Extensão e Assuntos Estudantis – PROEXAE, estando a aproximadamente 335 metros da base da UEMA.

Foto 10 - Ponto de estudo



Fonte: O autor, em 2019

Foi utilizado o receptor Trimble R4 *Model 3* junto com um bipé para o levantamento. A foto 11 mostra a forma de levantamento do ponto.

Foto 11 - Levantamento do ponto

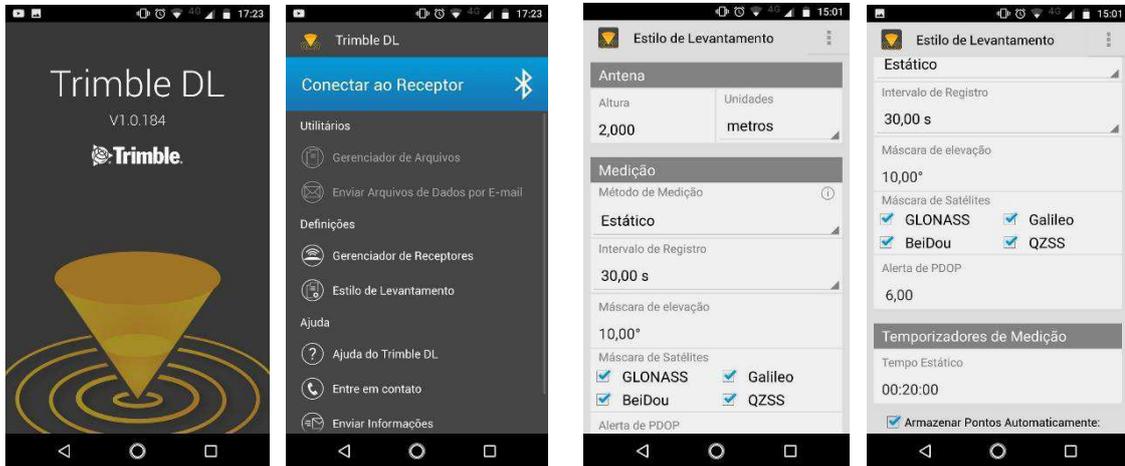


Fonte: O autor, em 2019

As configurações do levantamento foram introduzidas no aplicativo da Trimble DL de acordo com a figura 33. Como pode ser visto, será realizado um

levantamento estático rápido de 20 minutos, abrangendo todos os satélites da constelação GNSS (GLONASS, GPS, BeiDou, Galileo, QZSS).

Figura 33 - Configurações do levantamento



Fonte: O autor (2019)

6.1.1 Processamento pelo método PPP (IBGE)

O pós-processamento dos dados GNSS foi realizado pelo serviço de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) do IBGE para determinação da coordenada referenciada ao Sistema Geodésico Brasileiro SIRGAS2000.

Para que seja realizado o processamento foi necessário a conversão do arquivo bruto levantado no campo em formato RINEX ou HATANAKA. Neste trabalho, foi efetuado a conversão para o formato RINEX através do software *CONVERT TO RINEX*.

O rastreo das observações GNSS foi executado dentro do território brasileiro. Dessa forma as órbitas que foram utilizadas pelo IBGE-PPP dizem respeito àquelas pelo NRCAN (IBGE, 2017d). O tipo de órbita a ser utilizada dependerá de quando o processamento for realizado, de acordo com o quadro 1:

Quadro 1 - Precisão com base no tempo de rastreamento

Produto NRCAN				
Órbitas / Intervalo	Relógios / Intervalo	Constelação	Quando o IBGE-PPP irá utilizar?	Precisão da órbita
Ultra-Rápida (EMU) 15 minutos	EMU 30 segundos	GPS e GLONASS (3h)	a partir de 1h30m-2h30m após o fim do rastreamento até a disponibilidade das órbitas EMR	± 15 cm
Rápida (EMR) 15 minutos	EMR 30 segundos	GPS e GLONASS	a partir de 12-36 horas após o fim do rastreamento até a disponibilidade das órbitas EMF	± 5 cm
Final (EMF) 15 minutos	EMF 30 segundos	GPS e GLONASS	a partir de 11-17 dias após o fim do rastreamento	± 2 cm

Fonte: IBGE (2017d)

Quanto mais tempo esperar para o processamento PPP a precisão da órbita é maior e conseqüentemente menor a possibilidade de erro das coordenadas. Foi esperado 2 dias para o processamento através desse método. O resultado da coordenada gerada e seu respectivo encontra-se na tabela 6. O relatório completo do resultado está anexado no Apêndice C deste trabalho.

Tabela 6 - Resultado do processamento pelo PPP

MÉTODO	N[m]	E[m]	h[m]	σ_N [m]	σ_E [m]	σ_h [m]
PPP	9714819,321	587869,332	11,68	0,057	0,044	0,072

Fonte: O autor, em 2019

6.1.2 Método de pós-processamento pelo Software *Topcon Tools* (utilizando a base da homologada da SALU)

O Software de processamento de dados GPS *Topcon Tools* fornece dados personalizados e rotinas de tratamento automatizadas que permitem o processamento dos dados GPS/GLONASS estáticos e cinemáticos, análise numérica dos dados, ajustamento de redes, geração de relatórios e exportação dos dados para vários softwares de GIS e CAD (GEODATA ENGENHARIA, 2018).

Para a utilização do método relativo pós-processado por software foi utilizada como base a estação SALU, pertencente ao RBMC. O processo de aquisição dos seus dados, no dia do levantamento, foi realizado acessando o sítio eletrônico do IBGE, como mostrado nas figuras 34 e 35.

Os dados das RBMCs são publicados no portal do IBGE junto com os arquivos diários das observações GNSS da estação, iniciando todos os dias as 00:00 horas e terminando as 23:59:15 do mesmo dia (IBGE, 2013). Devido a isso, apenas tem-se acesso aos dados no dia posterior do levantamento, não sendo possível adquiri-los de imediato. Os arquivos já são baixados no formato RINEX, não precisando passar por um software de conversão de formatos de dados.

Figura 34 - Retirando os dados da RBMC na página do IBGE

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmcpesq.shtm?c=9>. The main content area contains a list of cities with checkboxes for selection:

- Campinas
- Santarém
- Corumbá
- Sorocaba
- Dourados
- Uberlândia - CEMIG
- Governador Valadares
- Varginha
- Humaitá
- Varginha - CEMIG
- Juína
- Vila Bela da Santíssima Trindade
- Macapá

Below the city list, there is a section titled "Selecione as datas:" with a calendar for February 2019. The calendar shows the date 06/02/2019 selected. To the right of the calendar, under "Datas Selecionadas", the selected date "06/02/2019 -> 37" is displayed. Below the calendar and date list, there are buttons for "Consultar" and "Limpar".

A note at the bottom of the form states: "Nota: A exibição dos resultados da pesquisa pode demorar alguns instantes, dependendo da quantidade de opções selecionadas."

The footer of the page contains navigation links: [Página Inicial](#), [A Instituição](#), [Atendimento](#), [Estatísticas do Site](#), [Processo de Contas Anuais](#), [Editais e Licitações](#), and [Trabalhe conosco](#).

Fonte: O autor, em 2019

Figura 35 - Retirada dos dados da RBMC no site do IBGE 2

The screenshot shows the IBGE website interface for downloading RBMC data. The main content area is titled 'Geodésia' and 'Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC'. It displays search results for 'São Luís' on '06/02/2019', with a download link for 'salu0371.zip'. A legend indicates 'Dados disponíveis' (green) and 'Dados não disponíveis' (red). The left sidebar shows a navigation menu with categories like SGB, RBMC, and RMPG.

Fonte: O autor, em 2019

Após os downloads e suas devidas conversões, o ponto levantado e a base são exportados para o software *Topcon Tools* para o devido pós-processamento e ajustamento do ponto, conforme mostrado na figura 36.

Figura 36 - Processamento pela *Topcon Tools*

The screenshot shows the Topcon Tools software interface. The main window displays a map with two points, P1 and SALU, connected by a green line. The map displays coordinates in meters (Norte and Este). A legend on the right lists various GPS data types, including 'GPS Estático não processado', 'GPS PP Stop', 'GPS Stop não processado', 'GPS PP Cinemático', 'GPS Cinemático não processado', 'Ocupação ET', and 'Ré FT'.

Fonte: O autor, em 2019

Logo após é gerado um relatório com o resultado da coordenada corrigida, em formato “.xls” do Excel (Figura 37). O relatório também está anexado no apêndice C.

Figura 37 - Relatório com resultado do processamento do ponto

Point Summary					
Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código	
SALU	9713315,615	587544,987	18,984		
p1	9714819,31	587869,341	11,621		
Observações GPS					
Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
SALU-p1	0,025	0,042	0,049	0,004	0,01
Ocupações GPS					
Nome Ponto	Nome Original				
p1	p1				
SALU	SALU				

Fonte: O autor, em 2019

Para uma melhor visualização, os valores obtidos foram inseridos na tabela 7.

Tabela 7 - Resultado do processamento pela *Topcon Tools* utilizando a base da SALU

MÉTODO	N[m]	E[m]	h[m]	σ_N [m]	σ_E [m]	σ_h [m]
T.T. SALU	9714819,310	587869,341	11,62	0,025	0,042	0,049

Fonte: O autor, 2019

A comparação dos resultados por PPP e pelo pós-processamento pelo *Topcon Tools* é mostrado na tabela 8.

Tabela 8 - Comparação de resultados

MÉTODO	N[m]	E[m]	h[m]	σ_N [m]	σ_E [m]	σ_h [m]
T.T SALU	9714819,31	587869,341	11,62	0,025	0,042	0,049
PPP	9714819,321	587869,332	11,68	0,057	0,044	0,072

Fonte: O autor, em 2019

Conforme visto, entre os dois métodos temos uma diferença na casa dos milímetros, com menores desvios padrões relacionados ao pós-processamento com a base da SALU.

6.2 Levantamento planimétrico de um ponto usando a base geodésica pertencente ao campus UEMA

Utilizando a mesmo ponto e o mesmo software, foi realizado o processamento utilizando como base a estação pertencente à UEMA. Conforme apresentado na seção 7.2 a base Geodésica do CCT contém o receptor da marca *TRIMBLE NETR9* e antena tipo *ZEPHYR GEODETIC* (TRM57971.00).

Para essa etapa foi utilizado o mesmo levantamento das etapas anteriores, utilizando o mesmo *rover* Trimble R4 *Model* 3 junto com um bipé e a mesma configuração do aplicativo da Trimble DL para o levantamento, ou seja, um levantamento estático rápido de 20 minutos, abrangendo todos os satélites da constelação GNSS (*GLONASS*, *GPS*, *BeiDou*, *Galileo*, *QZSS*).

A base de referência utilizada pertence ao CCT da UEMA. Com isso seus dados foram prontamente adquiridos, no mesmo dia em que foi realizado o levantamento do ponto, sem necessidade de espera, como ocorreu com a utilização da RBMC da SALU. As imagens a seguir (Figuras 38 a 40) mostram o procedimento de configuração, estado dos satélites e retirada dos dados da estação base, realizados no Laboratório de Topografia do CCT, onde se encontra o receptor GNSS *Trimble NETR9* ligado a um computador. Primeiramente as informações do rastreamento da base (duração do rastreamento, intervalo de medição etc.) são indicados na figura 38. O estado e quantidade de satélites durante o rastreamento são informados na figura 39 e a retirada dos dados brutos é na interface ilustrada na figura 40

Figura 38 - Configuração dos dados para início do levantamento

Estado do receptor

Satélites

Registo de dados

Resumo

Arquivos de dados

Economia de Energia

Informação sobre o título RINEX

Envio via FTP

Registo de envio via FTP

Configuração do receptor

Configuração de E/S

OmniSTAR

Configuração da rede

Segurança

Firmware

Ajuda

Nome da sessão: RODRIGO

Activar:

Programa: Contínuo

Duração: 120 Minutos

Formato do ficheiro: T01 T02

Intervalo de medição: 15 Seg

Pseudo-intervalo regular:

Fase regular:

Incluir Doppler:

Intervalo entre posições: 1 Min.

O registo recebeu correcções:

Registos de tensão/temperatura: Desligado

Registrar dados de navegação não processados:

Registrar dados de SBAS:

Sistema de ficheiros: /Internal

Estilo de caminho: Sessão/Data

Estilo do nome: #####YYMMDDhhmm

Sufixo: D

Acervo: Desligado

Envio via FTP: Desligado 1 2 3

Envio de e-mail:

OK | Eliminar | Cancelar

Fonte: O autor, em 2019

Figura 39 - Estado e quantidade de satélites a serem utilizados

Estado do receptor

Actividade

Posição

Posição (Gráfico)

Vector

Google Map

Google Earth

Identidade

Opções do receptor

Satélites

Registo de dados

Configuração do receptor

Configuração de E/S

OmniSTAR

Configuração da rede

Segurança

Firmware

Ajuda

Satélites localizados: 15

GPS (9): 8, 10, 14, 16, 21, 26, 27, 31, 32

GLONASS (6): 3, 4, 14, 17, 18, 24

Entrada/Saída:

Saída: TCP/IP (5017) - RT27 (1Hz)

Saída: Série - CMR

Saída: Série - CMR

Temperatura: 34.99°C

Tempo de funcionamento: 07:57:38

Fonte de alimentação: Porta 2

Disco: [391MB/2048MB]

Porta 2: [100% / 19.14V]

Ethernet: [0%]

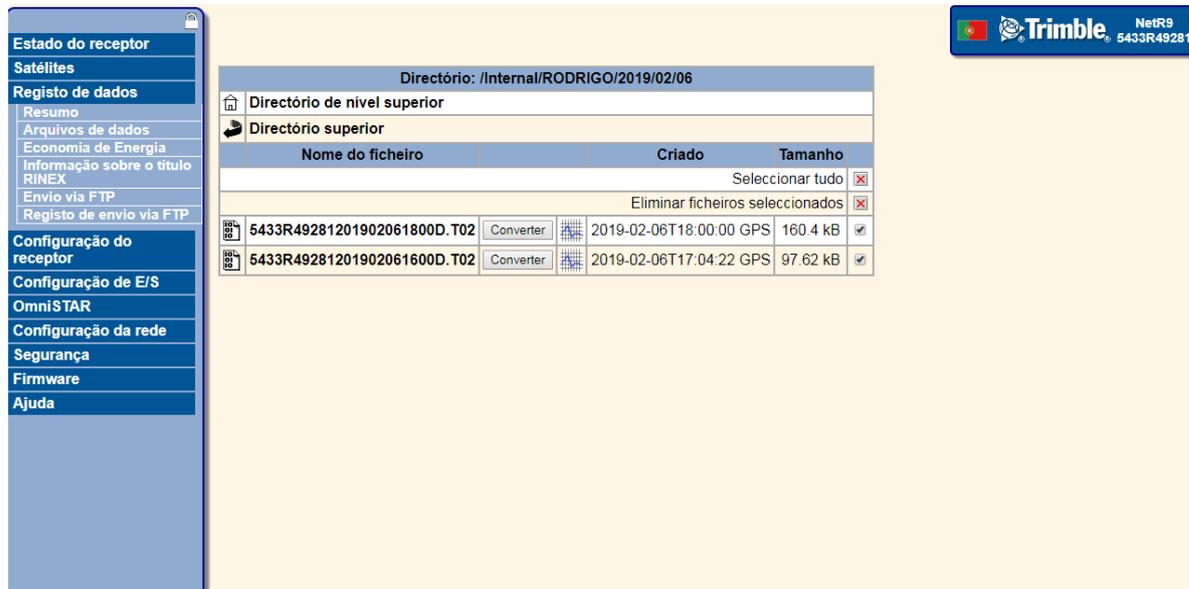
Bateria 1: [100% / 8.33V]

0% 100%

2019-02-06T19:42:31Z (UTC)

Fonte: O autor, em 2019

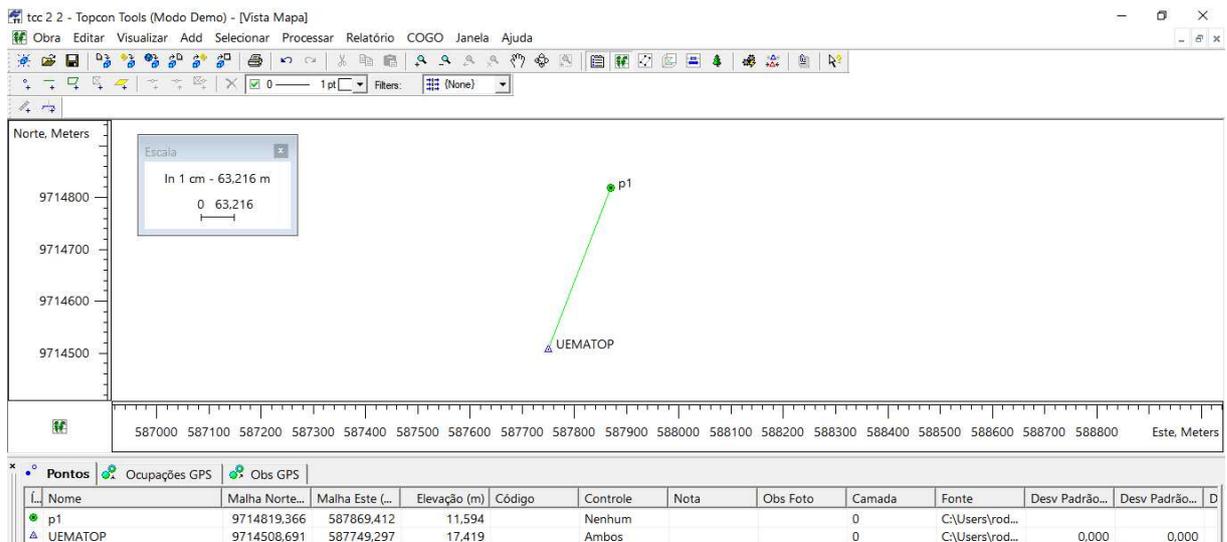
Figura 40 - Retirada dos dados brutos da base geodésica da UEMA



Fonte: O autor, em 2019

Após a retirada do dado bruto da base geodésica da UEMA, o arquivo é convertido em formato RINEX através do software *CONVERT TO RINEX*, para que o software de pós processamento possa reconhecê-lo. O processo de pós-processamento é apresentado na figura 41.

Figura 41 - Processamento pela *Topcon Tools* utilizando a base da UEMA



Fonte: O autor, em 2019

O resultado obtido, em formato de relatório, foi gerado pelo *software* em extensão “.xlsx” do *excel*, e apresentado no apêndice C. Para maior visualização seus valores foram inseridos na tabela 8. As coordenadas estão em UTM.

Tabela 9 – Resultado do processamento pela *Topcon Tools*, utilizando a base da UEMA

MÉTODO	N[m]	E[m]	h[m]	σ_N [m]	σ_E [m]	σ_h [m]
T.T UEMA	9714819,366	587869,412	11,594	0,004	0,01	0,011

Fonte: O autor, em 2019

Para efeito de comparação, os resultados dos pós processamentos do ponto utilizando como base de referência a RBMC da SALU e a base geodésica da UEMA apresentam-se na tabela 10.

Tabela 10 - Comparação de resultados: BASE DA UEMA X BASE DA SALU X PPP

MÉTODO	N[m]	E[m]	h[m]	σ_N [m]	σ_E [m]	σ_h [m]
T.T UEMA	9714819,366	587869,412	11,60	0,004	0,010	0,011
T.T SALU	9714819,31	587869,341	11,62	0,025	0,042	0,049
PPP	9714819,321	587869,332	11,68	0,057	0,044	0,072

Fonte: O autor, em 2019

De acordo com os resultados é possível perceber os valores próximos entre os três levantamentos, porém com menores valores de desvio padrão associados as coordenadas latitude, longitude e altitude geométrica quando o pós-processamento foi realizado com a base da UEMA, o que mostra confiabilidade e precisão da estação quando comparada ao serviço PPP do IBGE. Pode-se inferir através desse resultado que a estação geodésica da UEMA apresenta a mesma capacidade e funcionalidade de uma estação base homologada do IBGE.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa do trabalho constata que a base geodésica da UEMA apresenta requisitos mínimos de segurança e instalação exigidos pelas normas do IBGE; que seus componentes (receptor e antena) demonstram configurações de qualidade, características que levam a um bom funcionamento para seu uso como tecnologia GNSS.

Na análise das etapas de homologação, a base geodésica apresentou um bom resultado no rastreamento de suas coordenadas. Junto com as outras características e informações da base, apresentadas nos formulários, o trabalho serviu como base para o início da oficialização do processo de homologação. Tal procedimento também poderá ajudar e incentivar outras instituições de ensino a ter uma tecnologia GNSS a sua disposição, demonstrando quais etapas são necessárias para sua homologação.

Por fim, com base nos experimentos realizados no levantamento do ponto próximo ao PROEXAE, infere-se que a utilização da base geodésica da UEMA possui capacidades de funcionamento e requisitos para seu uso como estação de referência, para levantamentos georreferenciados. Os experimentos apontaram também que o processo de levantamento geodésico se mostrou mais rápido quando foi utilizada a base geodésica da UEMA como referência, visto que os dados para pós processamento são obtidos no mesmo dia.

Devido a base ser propriedade da UEMA o acesso aos dados é realizado em tempo real. Tal fato, academicamente, apresenta uma vantagem, uma vez que as aulas se tornam mais dinâmicas e didáticas, e os discentes têm contato maior com as configurações do receptor e da base, não precisando esperar o dia seguinte para iniciar o processamento do ponto por um software.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a evolução significativa da tecnologia na área de georreferenciamento, as instituições de ensino superior, na sua função acadêmica, devem estar atentas a esse desenvolvimento. Diante dessa realidade, o trabalho apresentou um estudo visando ratificar a importância de uma estação de referência geodésica, bem como a sua devida homologação para um sistema de referência nacional. Essa solução poderá gerar benefícios para a UEMA, oferecendo aos discentes e docentes uma convivência mais próxima a uma tecnologia GNSS e ainda colocando a universidade em um cenário mais avançado na tecnologia de georreferenciamento.

Também, é uma vantagem para os profissionais de Topografia de São Luís e entorno, uma vez que estarão mais acessíveis de um referencial geodésico da RBMC, pois quanto maior a densificação dessa rede de tecnologia GNSS, maiores serão as quantidades de estações de referência utilizadas nos projetos, tornando o pós-processamento de coordenadas mais preciso.

Ademais, o trabalho serve como referência para futuras implementações de bases geodésicas, principalmente em universidades e instituições de ensino, que necessitem de um estudo preliminar de instalação e homologação de estações geodésicas, considerando os benefícios acadêmicos apresentados ao longo do estudo.

Reafirmando o que foi dito pelo IBGE, é recomendável que levantamentos georreferenciados, usando técnicas de posicionamento relativo, utilizem como base, estações pertencentes ao SGB. Isso torna os documentos mais confiáveis reduzindo possibilidades de erros.

Ao término do estudo, conclui-se que a base geodésica da UEMA apresenta os requisitos, reunindo as condições exigidas pelo IBGE para que o processo de homologação seja efetivado, restando apenas que a Universidade concretize essa homologação junto ao órgão competente. Tal processo, além de apresentar vantagens acadêmicas como mostrado, dará oportunidade de ligá-la ao

SGB, sob supervisão do CCRBMC e dará aos seus projetos um caráter oficial e um controle maior no pós-processamento de coordenadas.

Diante das considerações elencadas neste trabalho, bem como da importância significativa do estudo para o meio acadêmico, recomenda-se que após a homologação da base geodésica da UEMA, essa receba o nome do professor Demerval Dias Ramos (*in memoriam*), em homenagem a seu esforço e dedicação para a construção da base.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Eduardo de Magalhães et al. Integridade no posicionamento RTK e RTK em rede. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 16, n. 4, p.589-605, out./dez. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bcg/v16n4/a07v16n4.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

BARTOLOMÉ, Javier Pérez et al. Overview of Galileo System. In: NURMI, Jari et al. **Galileo positioning technology**. New York: Springer, 2015. (Signals and communications technology).

BRASIL. Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 fev. 1967. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1965-1988/Del0243.htm>. Acesso em: 10 set. 2018.

CASTANHO, Roberto Barbosa; COSTA, Gabriela de Oliveira; TEIXEIRA, Matheus Eduardo. A situação dos marcos da Rede Geodésica brasileira no município de Gurinhatã – MG. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium**, Ituiutaba, v. 5, n. 2, p. 657-677, jul./dez. 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/24900>>. Acesso em: 5 set. 2018.

COSTA, Sonia Maria Alves. **Evolução do sistema geodésico brasileiro: razões e impactos com a mudança do referencial**. 2000. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/artigos/2000-Evolucao%20do_SGB-razoes_e_%20impactos_com_a_mudanca_do_referencial.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

FAZAN, Jardel Aparecido; MONICO, João Francisco Galera; CAMARGO, Paulo de Oliveira. Controle de qualidade dos dados gps da RBMC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA, 2002, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: Unesp, 2002. p. 42-51. Disponível em: <http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2002_I_SBG/htm/artigos/pdf/A_084.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2019.

FONSECA, Ronierisson Mendes. **O uso da tecnologia gps em locações de obras civis**. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2017.

GEODATA ENGENHARIA. **Software Topcon Tools**. 2018. Disponível em: <<http://www.geodata.eng.br/component/virtuemart/software-topcon-tools-detail?Itemid=171>>. Acesso em: 2 mar. 2019.

GOEBEL, Greg. **International navigation satellite systems**. 2018. Disponível em: <http://vc.airvectors.net/ttgps_2.html>. Acesso em: 10 set. 2018.

INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPECIAIS. São agora 112 as estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo que permitem obter coordenadas de alta precisão. 2018. Disponível em: <<http://www.inde.gov.br/noticias-inde/7943-sao-agora-112-as-estacoes-da-rede-brasileira-de-monitoramento-contínuo-que-permitem-obter-coordenadas-de-alta-precisao.html>> Acesso em: 23 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Especificações e normas para levantamentos geodésicos associados ao sistema geodésico brasileiro. Rio de Janeiro, 2017a.

_____. **Informações sobre as pesquisas ou publicações do IBGE.** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <rods.93@hotmail.com> em 14 nov. 2018c.

_____. **Instruções para homologação de estações estabelecidas por outras instituições.** 2018b. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_documentos_tecnicos/homologacao_marcos/homologacao_de_marcos.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.

_____. **Manual de usuário aplicativo on line IBGE-PPP versão:** abril 2017. Rio de Janeiro, 2017d.

_____. **Manual do usuário:** posicionamento por ponto preciso. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **Orientações para instalação de estações de monitoramento contínuo GNSS compatíveis com a RBMC.** Rio de Janeiro, 2013.

_____. **Padronização de marcos geodésicos.** Rio de Janeiro, 2008a.

_____. **RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS.** Rio de Janeiro, 2017c. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>>. Acesso em: 5 nov. 2018.

_____. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GPS:** informação e documentação: referências: especificações. Rio de Janeiro, 2008b.

_____. **Rede brasileira de monitoramento contínuo dos sistemas GNSS.** 2017d. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rbmc/cartogramas/RBMC_2017.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

_____. **Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro.** 2017b. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_planimetrica/cartograma/plantotal.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resolução do Presidente R. PR – 1/2005, de 25 de fevereiro de 2005. Altera na forma do anexo, a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

_____. **Sistema Geodésico Brasileiro**. 2018a. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sgb.shtm>>. Acesso em: 10 set. 2018.

INSTITUTO GEOEDUC. **Mais de 70 satélites de posicionamento global já estão em órbita**: entenda. 2015. Disponível em: <<http://geoeduc.com/blog/mais-de-70-satelites-de-posicionamento-global-ja-estao-em-orbita-entenda/>>. Acesso em: 10 set. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual técnico de posicionamento**: georreferenciamento de imóveis rurais. Brasília, DF: 2013. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/manual_tecnico_de_posicionamento_1_edicao.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2019.

JEFFREY, Charles. **An introduction to gnss**: Gps, Glonass, Galileo and other global navigation satellite systems. Alberta: NovAtel, 2010.

JELINEK, Andréa Ritter. **Topografia I**. Porto Alegre: Departamento de Geodésia/Instituto de Geociências, 2009. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/topografia-i-apostilas-engenharia-de-materiais/342771/>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

MCCORMAC, Jack. **Topografia**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MELLO, Mauro Pereira de. **O sistema geodésico brasileiro**. Rio de Janeiro, 1981. Disponível em: <<https://artigos.ibge.gov.br/images/pdf/artigos/1981osistemageodesicobrasileiro.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.

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

PINHEIRO, Renato Rodrigues. **Dúvidas sobre homologação** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <rods.93@hotmail.com> em 24 abr. 2019.

RISTIC, Aleksandar; GOVEDARICA, Miro; PETROVACKI, Dusan. **GNSS**: status and perspective. 2010. Novi Sad: University of Novi Sad, 2010.

SANTIAGO & CINTRA GEO -TECNOLOGIAS. **Receptor Trimble NetR9 Ti-3**. 2018. Disponível em: <<https://www.santiagoecintra.com.br/produtos/estacoes-de-referencia/receptor-trimble-netr9-ti-3>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SHERIDAN, John. DOD Seeks **Options for forging ahead on GPS III**. 2013. Disponível em: <<https://www.ainonline.com/aviation-news/aviation-international-news/2013-08-02/dod-seeks-options-forging-ahead-gps-iii#>>. Acesso em: 10 set. 2018.

SILVA, Alberto Luis da. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <rods.93@hotmail.com> em 24 abr. 2019.

SILVA, Diego Maradona Félix da. **A Hipérbole e suas Aplicações**. 2013. 81 f. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

SILVA, Venicio Eduardo E. da. **Estudo preliminar para homologação de um marco geodésico no campus da Universidade Católica de Pernambuco**. 2015. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2015.

STRATOSCIENCE. **Global Navigation Satellite Systems (GNSS)**. Disponível em: <<http://www.stratoscience.com/global-navigation-satellite-systems-gnss/>>. Acesso em: 10 set. 2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO. **Base Geodésica é inaugurada na UEMA**. 2012. Disponível em: <<https://www.uema.br/2012/11/base-geodsica-inaugurada-na-uema/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

VAZ, Jhonnes Alberto. **Estudo das etapas e critérios para a homologação de marco geodésico planimétrico**. 2011. 107 f. Projeto de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

VAZ, Jhonnes Alberto; SILVA, Alberto Luis da; RIBEIRO, Gilberto Pessanha. Estudos das etapas e critérios para homologação de marcos geodésicos SAT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 4., 2012, Recife. **Anais...** Recife, 2012. Disponível em: <https://www3.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/GEODESIA/005_3.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

WIKIPÉDIA. **Cronômetro marinho**. 2015. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Cron%C3%B4metro_marinho>. Acesso em: 10 set. 2018.

ZIMMERMANN, Cláudio Cesar. **Apostila de topografia**. Florianópolis: UFSC, 2015. Disponível em: <<http://pet.ecv.ufsc.br/wordpress/wp-content/uploads/2015/10/apostila-topografia-2015-2.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A - RELATÓRIOS DE OCUPAÇÃO A SEREM ENVIADOS AO IBGE



Diretoria de Geociências – DGC
Coordenação de Geodésia – CGED

Projeto: Homologação do Marco da UEMA **Empresa:** UEMA

Localidade: Tirirical **Município:** São Luís **Estado:** MA

Código: **Identificação:** UEMATOP
(a critério do IBGE)

Data: 08 / 11 / 2018 **Dia Juliano:**

Coordenadas aproximadas: **Latitude:** 2° 34' 57.52521" S

Longitude: 44° 12' 38.35325" O

Inscrição na chapa: UEMA **Equipe:** _____

OBS.: Descrever os acessos e referências que permitam uma boa caracterização e identificação da localização do ponto. Incluir os nomes das localidades, ruas, avenidas, etc. descrever também todas as referências e marcos existentes, solo e visão geral da área.

Localização:

Campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, Tirirical, São Luís, Próximo do laboratório de topografia e ao centro de ciências tecnológicas da universidade (CCT).

Descrição: Marco de concreto de formato cilíndrico, diâmetro do topo e de base de 0,30 m altura da torre de 1,30 m, base retangular com dimensões de 1,32 X 1,31 m e 0,77 m de altura. No topo há a antena Zephir Geodetic modelo 2 com altura de 0,25 m em relação ao cilindro de concreto.

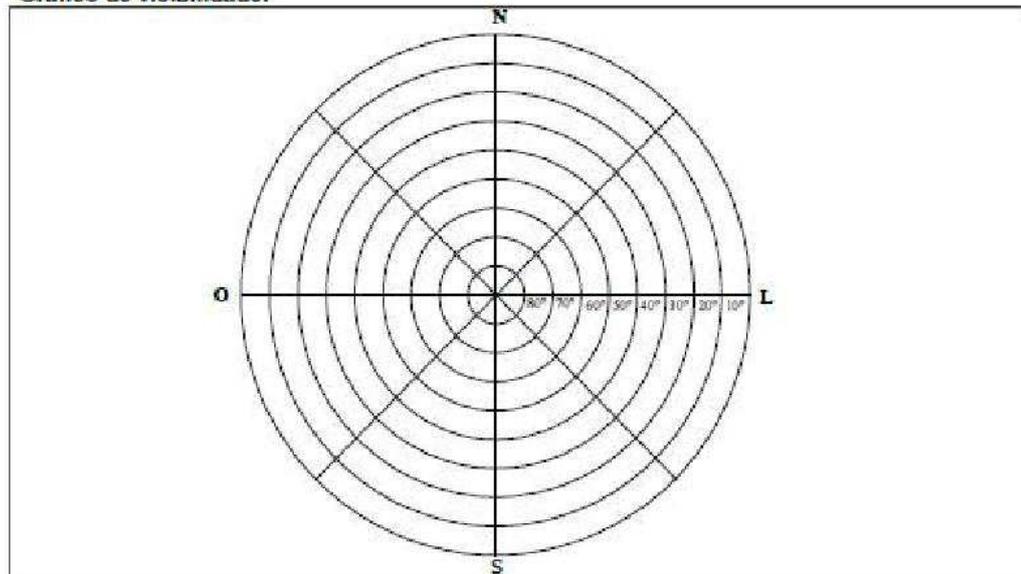
Itinerário: Entrando no campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão seguindo em direção a prefeitura do campus. A estação encontra-se detrás do laboratório de topografia e ao lado da prefeitura.

Código: Identificação: UEMATOP
(a critério do IBGE)

Croqui:



Gráfico de visibilidade:



APÊNDICE B - TERMO DE COMPROMISSO PARA HOMOLOGAÇÃO DE BASE GEODÉSICA



Diretoria de Geociências – DGC
Coordenação de Geodésia – CGED

Termo de Compromisso para Homologação de Marcos Geodésicos

Este instrumento é um termo de compromisso entre _____ na condição de proponente do(s) marco(s) geodésico(s) destinado(s) à homologação e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na condição de coordenador do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e portanto responsável pela homologação de marcos geodésicos, habilitando estes marcos a serem parte integrante do SGB. No contexto deste compromisso as seguintes cláusulas deverão ser respeitadas, sendo elas:

1. Da Concessão de Uso e Divulgação dos Dados

Este termo concede ao proponente, o direito de uso dos resultados da homologação do(s) marco(s) realizada pelo IBGE, produzidos a partir dos dados e observações GPS submetidos pelo proponente ao IBGE para fins de homologação segundo instruções estabelecidas e divulgadas pelo IBGE. Para tal, o proponente se compromete a:

- 1.1. No caso de **estação ativa**, disponibilizar gratuitamente os dados GPS coletados no(s) marco(s) geodésico(s) homologado(s), obrigatoriamente em formato RINEX, por meio de sítio web e/ou sítio ftp e/ou através de cópias em mídia magnética (CD ROM ou DVD) a todos os usuários que os solicitarem, sem qualquer ônus aos mesmos, exceto quando os dados forem fornecidos por meio de mídia magnética, onde será permitida retribuição financeira equivalente aos custos da mídia magnética e da postagem.
- 1.2. No caso de **estação passiva**, garantir o acesso a qualquer usuário que necessite ocupar o(s) marco(s) geodésico(s) homologado(s), sem que para isso haja qualquer tipo de cobrança ou ônus, atendidas as restrições atinentes ao direito de propriedade. **No caso da propriedade não pertencer ao proponente, este deve obter junto ao proprietário a assinatura do campo "de acordo" deste termo.**

Destaca-se que o(s) marco(s) geodésico(s) homologado(s) passa(m) a fazer parte do SGB e como tal está(ão) sujeito(s) à legislação sobre marcos, pilares e sinais geodésicos, conforme o Decreto-lei nº 243, de 28/02/67, no seu Capítulo VII, reproduzido integralmente a seguir.

“CAPÍTULO VII Dos Marcos, Pilares e Sinais Geodésicos

Art.13 Os marcos, pilares e sinais geodésicos são considerados obras públicas, podendo ser desapropriadas, como de utilidade pública, as áreas adjacentes necessárias à sua proteção.

§1º Os marcos, pilares e sinais conterão obrigatoriamente a indicação do órgão responsável pela sua implantação, seguida da advertência: "Protegido por Lei" (Código Penal e demais leis civis de proteção aos bens do patrimônio público).

§2º Qualquer nova edificação, obra ou arborização que a critério do órgão cartográfico responsável possa prejudicar a utilização do marco, pilar ou sinal geodésico, só poderá ser autorizada após prévia anuência desse órgão.

§3º Quando não efetivada a desapropriação, o proprietário da terra será obrigatoriamente notificado, pelo órgão responsável, da materialização e sinalização do ponto geodésico, das obrigações que a lei estabelece para sua preservação e das restrições necessárias para assegurar a sua utilização.

§4º A notificação será averbada gratuitamente, no Registro de Imóveis competente, por iniciativa do órgão responsável.

Art.14 Os operadores de campo dos órgãos públicos e das empresas oficialmente autorizadas, quando no exercício de suas funções técnicas, atendidas as restrições atinentes ao direito de propriedade e à segurança nacional, têm livre acesso às propriedades públicas e particulares.”

2. Dos Direitos Autorais

Para fins de direito autoral os dados enviados para homologação pertencem ao proponente e os respectivos resultados da homologação pertencem ao IBGE. Ambos são protegidos pela legislação de direitos autorais do País e por tratados internacionais. Assim sendo, devem ser tratados como qualquer outra obra protegida pelo direito autoral.

3. Das Restrições

3.1. É vetado qualquer tipo de comercialização parcial ou integral dos resultados produzidos na homologação, exceto no caso previsto no item 1.1.

3.2. Qualquer tipo de trabalho e/ou publicação onde esses dados e resultados estejam inseridos deve dar o devido crédito ao IBGE como responsável pela

homologação, ressaltando-se, obrigatoriamente, o caráter gratuito dos mesmos.

A partir da assinatura deste compromisso, todos os dados encaminhados ao IBGE pelo proponente, bem como os resultados das homologações dos marcos correspondentes, ficam sujeitos às condições indicadas nas cláusulas acima.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____.

Proponente

De acordo (quando for o caso)

Proprietário
(reconhecer firma)

APÊNDICE C - RELATÓRIOS DE PROCESSAMENTO PELO MÉTODO PPP E PELO TOPCON TOOLS UTILIZANDO A BASE DA UEMA (UEMATOP) E A BASE DA SALU



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

Sumário do Processamento do marco: p1

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/02/06 17:41:00,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/02/06 18:01:00,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	TRMR4-3 NONE
Órbitas dos satélites:¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	30,00
Sigma² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena³(m):	2,000
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	0,91 GPS 1,44 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,75 GPS 0,67 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-2° 34' 47,4770"	-44° 12' 34,4491"	11,68	9714819.321	587869.332	-45
Na data do levantamento⁵	-2° 34' 47,4698"	-44° 12' 34,4514"	11,68	9714819.542	587869.332	-45
Sigma(95%)⁶ (m)	0,057	0,044	0,072			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-24,90					
Altitude Ortométrica (m)	36,58					

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

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

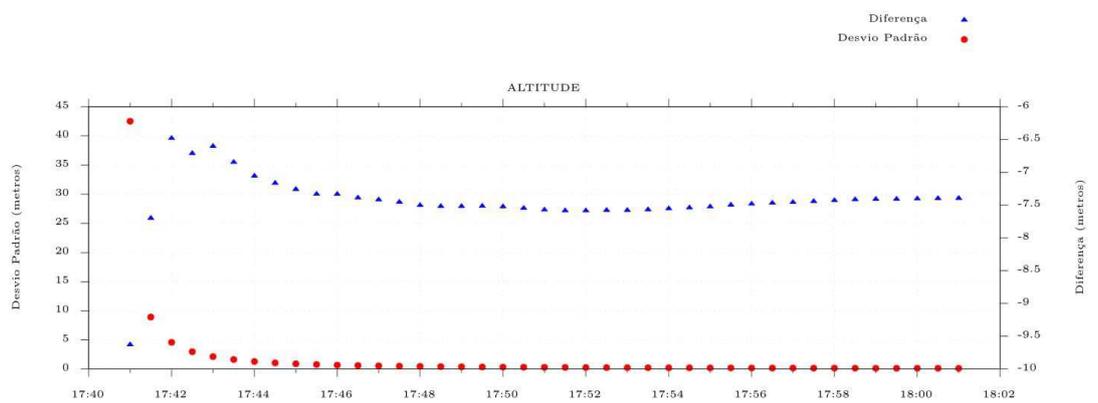
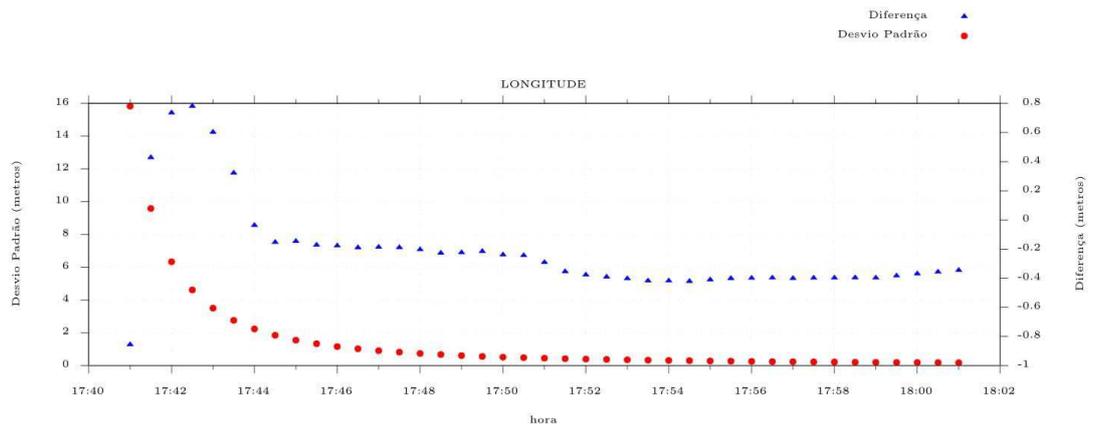
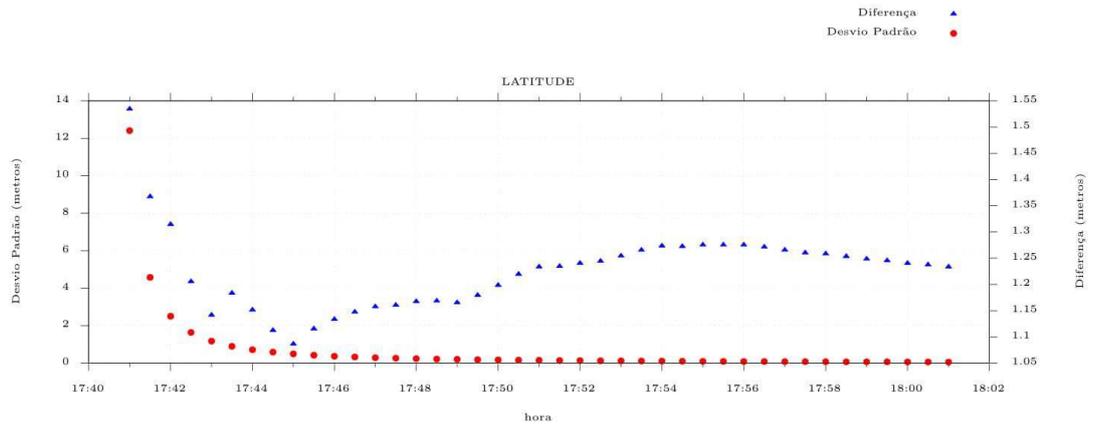
⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.

Desvio Padrão e Diferença da Coordenada a Priori
35810372.19o





Sumário do Processamento do marco: SALU

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/01/14 00:00:00,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/01/14 23:59:45,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	TRM115000.00 NONE
Órbitas dos satélites:¹	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	15,00
Sigma² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena³(m):	0,008
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,95 GPS 1,88 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,97 GPS 1,04 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-2° 35' 36,4536"	-44° 12' 44,9241"	18,98	9713315.630	587544.986	-45
Na data do levantamento⁵	-2° 35' 36,4464"	-44° 12' 44,9264"	18,98	9713315.851	587544.915	-45
Sigma(95%)⁶ (m)	0,001	0,002	0,004			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-24,91					
Altitude Ortométrica (m)	43,89					

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

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

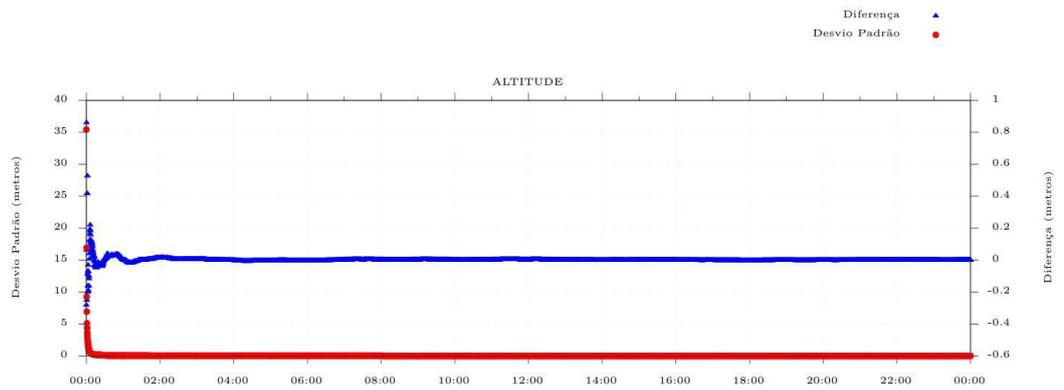
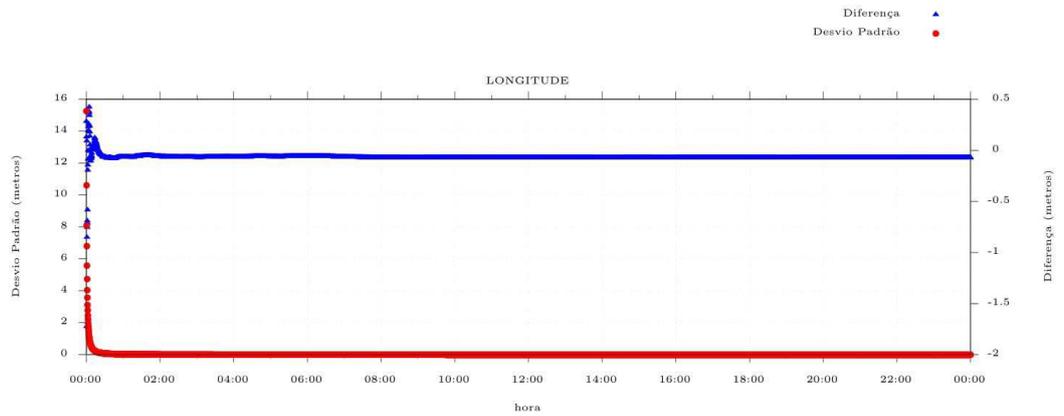
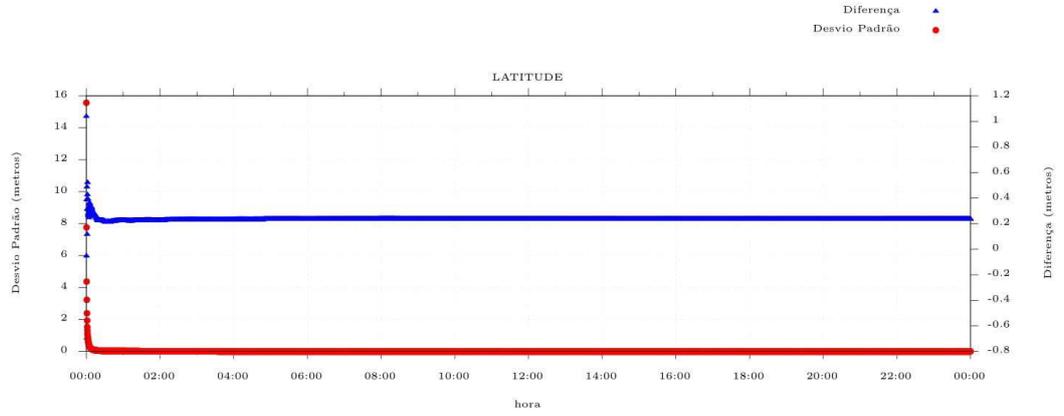
⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.

Desvio Padrão e Diferença da Coordenada a Priori
salu0141.19o



Salvamento Automático t.t.SALU resultado - Excel Rodrigo Anceles Frias

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Desenvolvedor Ajuda Diga-me o que você deseja

Colar Calibri 11 Fonte Alinhamento Número Estilos Células

Área de Tra... N16

Point Summary						
Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código		
SALU	9713315,615	587544,987	18,984			
p1	9714819,31	587869,341	11,621			
Observações GPS						
Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)	
SALU-p1	0,025	0,042	0,049	0,004	0,01	
Ocupações GPS						
Nome Ponto	Nome Original					
p1	p1					
SALU	SALU					

TTR79AC - Excel Rodrigo Anceles Frias

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Desenvolvedor Ajuda Diga-me o que você deseja

Colar Calibri 11 Fonte Alinhamento Número Estilos Células

Área de Tra... N6

Point Summary						
Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código		
UEMATOP	9714508,691	587749,297	17,419			
p1	9714819,366	587870,342	11,594			
Observações GPS						
Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)	
UEMATOP-p1	0,004	0,01	0,011	0,004	0,009	
Ocupações GPS						
Nome Ponto	Nome Original					
p1	p1					
UEMATOP	UEMATOP					

APÊNDICE D - RELATÓRIO DE PÓS PROCESSAMENTO DA ESTAÇÃO DA UEMA PELO TOPCON TOOLS E PELO PPP

Point Summary						
Nome	Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Código		
BELE	9843998,87	114584,638	11,043			
IMPZ	9392398,832	223300,718	105,008			
UEMATOP	9714508,176	587748,248	10,937			
Observações GPS						
Nome	dN (m)	dE (m)	dZ (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)	
BELE-IMPZ	-451599,975	108716,133	95,94	0,094	0,065	
BELE-UEMATOP	-129490,693	473163,609	-0,106	0,091	0,065	
IMPZ-UEMATOP	322109,412	364447,364	-96,068	0,112	0,071	
Ocupações GPS						
Nome Ponto	Nome Original					
UEMATOP	UEMATOP					
IMPZ	IMPZ					
BELE	BELE					



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

Sumário do Processamento do marco: UEMATOP

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/02/06 18:00:00,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2019/02/06 19:40:30,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	TRM57971.00 NONE
Órbitas dos satélites: ¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	15,00
Sigma² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena³(m):	0,000
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,26 GPS 1,25 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	1,11 GPS 1,18 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-2° 34' 57,6138"	-44° 12' 38,3652"	10,86	9714508.132	587748.275	-45
Na data do levantamento ⁵	-2° 34' 57,6066"	-44° 12' 38,3675"	10,86	9714508.353	587748.204	-45
Sigma(95%)⁶ (m)	0,007	0,016	0,017			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-24,90					
Altitude Ortométrica (m)	35,76					

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

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.

Desvio Padrão e Diferença da Coordenada a Priori
5433R49281201902061800D.19o

