

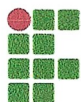
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS GOIÂNIA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA ÁREA III
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA

ALINE OLIVEIRA FORTES
CAIO RENATO BARBOSA COELHO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
QUALIDADE DO POSICIONAMENTO GNSS RTK COM CORREÇÕES
VIA NTRIP

Goiânia, GO

2023



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor:

Matrícula:

Título do Trabalho:

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia 08/12/23
Local Data

Almeida Oliveira Fortes
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor:

Matrícula:

Título do Trabalho:

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

GOIÂNIA

Local

08/12/23

Data

Caio Renato Barbosa Coelho

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

ALINE OLIVEIRA FORTES
CAIO RENATO BARBOSA COELHO

QUALIDADE DO POSICIONAMENTO GNSS RTK COM CORREÇÕES VIA NTRIP

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Cartográfica e de
Agrimensura do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Magna Junior

Coorientador: Prof. Dr. Valdeir Francisco de Paula

Goiânia, GO

2023

F738q Fortes, Aline Oliveira.
Qualidade do posicionamento GNSS RTK com correções via NTRIP / Aline Oliveira Fortes;
Caio Renato Barbosa Coelho. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás, Câmpus Goiânia, 2023.
106 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Magna Junior.
Coorientador: Prof. Dr. Valdeir Francisco de Paula.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Engenharia Cartográfica e de
Agrimensura, Departamento de Áreas Acadêmicas III, Coordenação de Engenharia
Cartográfica e de Agrimensura, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás,
Câmpus Goiânia.

1. Sistema de Posicionamento Global - GNSS. 2. Técnica de posicionamento em tempo real
(RTK). 3. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP). 4. Rede Brasileira de
Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em tempo real (RBMC-IP). I. Coelho, Caio
Renato Barbosa II. Magna Junior, João Paulo (orientador). III. Paula, Valdeir Francisco de
(coorientador). IV. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus
Goiânia. V. Título.

CDD 526.1

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Alisson de Sousa Belthodo Santos CRB1/ 2.266
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

ATA ECA Nº 09/2023

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao vigésimo segundo dia do mês de Novembro do ano de dois mil e vinte e três, às 11 horas, no Instituto Federal de Goiás, Campus Goiânia, situado à Rua 75, nº 46, Setor Central da cidade de Goiânia, Estado de Goiás, foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa do Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso do(s) discente(s) Aline Oliveira Fortes (matrícula 20171011190056) e Caio Renato Barbosa Coelho (matrícula 20171011190072) do curso de Bacharelado em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, que tem como título “**Qualidade do posicionamento GNSS RTK com correções via NTRIP**”, e foi realizado sob a orientação do(a) Prof(a). João Paulo Magna Júnior e co-orientação do Prof(a). Valdeir Francisco de Paula. A banca foi composta pelos seguintes examinadores, sob a presidência do(a) primeiro(a):

João Paulo Magna Júnior

Valdeir Francisco de Paula

João Batista Ramos Côrtes

Leonardo Sebastião de Souza

Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do(s) discente(s) e o(s) atribuiu a(s) seguinte(s) nota(s): 9,3.

Encerra-se a presente sessão às 12 horas e 15 minutos. Eu, Elaine Reis Costa, dato e assino a presente ata, juntamente com os examinadores que constituíram a banca.

Documento assinado eletronicamente por:

- Elaine Reis Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 05/12/2023 11:37:36.
- Joao Batista Ramos Cortes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 05/12/2023 11:21:08.
- Leonardo Sebastiao de Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 01/12/2023 05:13:41.
- Valdeir Francisco de Paula, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 29/11/2023 18:13:25.
- Joao Paulo Magna Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 29/11/2023 14:04:38.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 29/11/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 483352
Código de Autenticação: 370f62f817



AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus pela vida, pela saúde e pela perseverança a nós concedida.

Ao universo pela oportunidade de partilhar esse momento, por unir nossas forças em prol de um só objetivo.

Aos nossos amados pais, Altino Alves Fortes e Isabel Cristina de Oliveira Fortes, e Anésio Barbosa da Cruz Júnior e Sílvia Lúcia de Souza Coelho, por todo apoio, incentivo e mais ainda por nos proporcionarem a chance de iniciar e concluir o curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Ao Prof. Valdeir por nós conduzir e orientar no início da pesquisa.

A Prof. Elaine por todo auxílio e empenho ao longo de todo o desenvolvimento do TCC.

Ao Prof. João Paulo por toda generosidade, conhecimento e empenho ao aceitar nos orientar para que pudéssemos concluir a pesquisa.

Ao Rodolfo Machado, nosso chefe, pela compreensão nos momentos que tivemos que nos ausentar do nosso serviço, e principalmente por permitir o uso do software que foi essencial para conclusão da nossa pesquisa.

Por fim, somos gratos um ao outro por todo caminho percorrido até aqui, pela parceira e o companheirismo que formamos ao longo de toda essa jornada e que se estenderá por toda a vida.

RESUMO

O constante avanço das técnicas, tecnologias e equipamentos dos Sistemas Globais de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite Systems* - GNSS) tem possibilitado aos seus usuários ao redor do mundo a utilização de seus produtos para os mais diversos fins. Neste contexto, se destaca a técnica de posicionamento em tempo real (RTK) utilizando as correções transmitidas pela internet, por meio do NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*). Esta pesquisa tem por finalidade avaliar a qualidade de dados coletados por meio desta técnica RTK, apoiada no uso do NTRIP para obtenção das correções diferenciais necessárias à operação, utilizando a RBMC-IP (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em tempo real). Para tal, foram implantados e levantados 09 marcos distanciados entre si por aproximadamente 10 km, partindo da base GOGY localizada em Goiânia e seguindo ao longo da rodovia federal BR-153 formando uma linha de base de aproximadamente 81km. Os marcos foram levantados pelo método de posicionamento RTK via NTRIP, avaliando o tempo para a solução das ambiguidades e o tipo de solução e foram comparados com o método relativo estático, o qual serviu de referência para o cálculo da acurácia posicional. Com relação à solução das ambiguidades, todos os pontos foram determinados com solução fixa, porém, a partir dos 50 km foi possível perceber que mesmo com a solução fixa houve uma instabilidade na qualidade das coordenadas. Na análise de acurácia foram obtidos valores de erro médio quadrático (EMQ) entre de 3,86 cm e 40,33 cm para planimetria e entre 9,19 cm e 38,73 cm para altimetria.

Palavras-chave: GNSS, RTK, NTRIP, RBMC-IP.

ABSTRACT

The constant advance of techniques, technologies and equipment in Global Navigation Satellite Systems (GNSS) has enabled users around the world to use their products for a wide variety of purposes. In this context, the technique of real-time positioning (RTK) using corrections transmitted by the Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) stands out. This research aims to evaluate the data quality collected through the RTK technique, supported by the use of NTRIP to obtain the differential corrections required using the RBMC-IP (Brazilian Network for Continuous Monitoring of GNSS Systems in real-time). For this propose, 09 landmarks were planed and surveyed at approximately 10 km intervals, starting from the GOGY base located in Goiânia and following along the BR-153 federal highway in a baseline of approximately 81 km. The landmarks were surveyed using the RTK positioning method via NTRIP, evaluating the time for ambiguities solutions and the type of solutions, and were compared to the static relative method, which was used as a reference for positional accuracy computation. About the ambiguity resolution, all points were determined with a fixed solution, but up to 50 km, it was observed that even with a fixed solution, there was instability in the quality of the coordinates. In the accuracy analysis, root mean square (RMS) error values were obtained between 3.86 cm and 40.33 cm for planimetry and between 9.19 cm and 38.73 cm for altimetry.

Keywords: GNSS, RTK, NTRIP, RBMC-IP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de multicaminhamento	20
Figura 2 - Quadro esquemático dos métodos de posicionamento	23
Figura 3 - Esquema do posicionamento absoluto	24
Figura 4 - Esquema do posicionamento relativo	25
Figura 5 - Esquema do posicionamento RTK	29
Figura 6 - Funcionamento do sistema RTK em rede	36
Figura 7 - Cobertura da rede CACS.....	39
Figura 8 - Cobertura da rede NGS.....	40
Figura 9 - Cobertura da rede SAPOS.....	41
Figura 10 - Cobertura da rede GEONET	42
Figura 11 - Cobertura da rede TUSAGA-Aktif.....	43
Figura 12 - Cobertura da rede ReNEP	44
Figura 13 - Serviços HXGN SMARTNET	45
Figura 14 - Cobertura da rede HXGN SMARTNET	45
Figura 15 - Cobertura da rede Trimble VRS Now	46
Figura 16 - Cobertura da rede TOPONET <i>Live</i>	46
Figura 17 - Cobertura da rede CPENET	47
Figura 18 - Representação do posicionamento RTK via NTRIP	48
Figura 19 - Distribuição de dados via NTRIP	49
Figura 20 - Mapa da distribuição da localização das bases RBMC-IP.....	51
Figura 21 - Fluxograma Metodológico	56
Figura 22 - Localização dos pontos levantados.....	57
Figura 23 – GNSS i50.....	58
Figura 24 – Coletora HCE320.....	59
Figura 25 – Smartphone Samsung S10e	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Precisão planimétrica para os pontos de controle	66
Gráfico 2 – Precisão altimétrica para os pontos de controle	66
Gráfico 3 - Variação da discrepância entre os métodos de levantamento em função do comprimento de linha de base.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Duração do rastreamento em função do comprimento de linha de base.....	61
Tabela 2 – Dados do levantamento nos pontos de controle.	61
Tabela 3 – Coordenadas obtidas pelo levantamento RTK no sistema de projeção UTM.	62
Tabela 4 – Coordenadas obtidas pelo levantamento estático no sistema de projeção UTM. .	63
Tabela 5 – Tempo de convergência para os pontos conectados na base GOGY.	64
Tabela 6 – Precisão e comprimento das linhas de base.	65
Tabela 7 – Discrepâncias entre as coordenadas e N, E e h e a resultante planimétrica.	67
Tabela 8 – Acurácia (EMQ) planimétrica e altimétrica do levantamento RTK.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BKG	Agência Federal Alemã de Cartografia e Geodésia
BNC	<i>BKG NTRIP Client</i>
CACS	<i>Canadian Active Control System</i>
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
cm	Centímetros
DD	Dupla Diferença
DGPS	<i>Differential Global Positioning System</i>
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
ECEF	<i>Earth-Centered-Earth-Fixed</i>
EDGE	<i>Enhanced Data Rates for GSM Evolution</i>
EUREF-IP	<i>European Real-Time GNSS Pilot Project</i>
FDMA	Multiplexação por divisão de frequência
FKP	<i>Fast Kinematic Positioning</i>
FM	<i>Frequency Modulation</i>
GEONET	<i>GNSS Earth Observation Network System</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GPS	<i>Global Position System</i>
GSI	<i>Geospatial Information Authority of Japan</i>
GSM	<i>Global System for Mobile</i>
HP	<i>High Precision</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICAO	Organização Internacional de Aviação Civil
IGS	Serviço Internacional GNSS
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<i>ion-free</i>	<i>ionospheric free observable</i>
IP	Internet Protocol
IRNSS	Indian Regional Navigational Satellite

km	Quilômetros
Mbps	Megabits por segundo
MHz	Mega Hertz
mm	Milímetros
MSM	<i>Multiple Signal Messages</i>
NASA	Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço
NAVIC	<i>Navigation Indian Constellation</i>
NGS	<i>National Geodetic Survey</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
PP	Posicionamento por ponto
ppm	partes por milhão
PPP	Posicionamento por ponto preciso
QZSS	<i>Quasi-Zenith Satellite System</i>
RBMC-IP	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em tempo real
RENEP	Rede Nacional de Posicionamento Permanente
RTCM	<i>Radio Technical Commission for Maritime Service</i>
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
SAPOS	Serviço De Posicionamento Por Satélite Da Pesquisa Nacional Alemã
SBAS	Sistemas de Aumento de Área
SD	Simple Diferença
SIG	Sistema De Informação Geográfica
SP	<i>Standard Precision</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
UFH	<i>Ultra High Frequency</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
UMTS	<i>Urchin Tracking Modules</i>
UMTS	<i>Urchin Tracking Modules</i>
VHF	<i>Very High Frequency</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3.1 SISTEMAS DE POSICIONAMENTO.....	15
3.2 ERROS NO POSICIONAMENTO GNSS.....	17
3.2.1 <i>Efeitos atmosféricos</i>	17
3.2.1.1 Troposfera.....	18
3.2.1.2 Ionosfera	18
3.2.2 <i>Erros de multicaminhamento</i>	19
3.2.3 <i>Erros de perda de ciclo</i>	20
3.2.4 <i>Erros de rotação da terra</i>	21
3.3 AS OBSERVÁVEIS GNSS	21
3.3.1 <i>Pseudodistância</i>	21
3.3.2 <i>Fase da onda portadora</i>	22
3.4 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GNSS.....	22
3.4.1 <i>Posicionamento absoluto</i>	23
3.4.2 <i>Posicionamento por ponto preciso</i>	24
3.4.3 <i>Posicionamento relativo</i>	25
3.4.4 <i>Posicionamento Relativo Estático</i>	26
3.4.5 <i>Posicionamento relativo estático rápido</i>	27
3.4.6 <i>Posicionamento semicinemático</i>	27
3.4.7 <i>Posicionamento cinemático</i>	28
3.4.8 <i>Posicionamento cinemático em tempo real</i>	28
3.4.8.1 <i>Solução das ambiguidades</i>	30
3.4.8.2 <i>Meios de transmissão de dados</i>	31
3.5 MENSAGENS PADRONIZADAS RTCM	32
3.5.1 <i>RTCM Versão 2.3</i>	33
3.5.2 <i>RTCM versão 3.0</i>	33
3.5.4 <i>RTCM versão 3.2</i>	35

3.6 RTK EM REDE	35
3.6.1 Geração de correções diferenciais do RTK em Rede	37
3.6.2 CACS	39
3.6.3 NGS	40
3.6.4 SAPOS	40
3.6.5 GEONET.....	41
3.6.6 TUSAGA-Aktif.....	42
3.6.7 ReNEP	43
3.6.8 HxGN SmartNet	44
3.6.9 Trimble VRS NOW	45
3.6.10 TOPNET live	46
3.6.11 CPENET	47
3.7 NTRIP	47
3.8 REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DOS SISTEMAS GNSS EM TEMPO REAL.....	50
3.9 ANÁLISE DA QUALIDADE POSICIONAL	51
3.10 ESTADO DA ARTE.....	52
4. METODOLOGIA	55
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	56
4.2 MATERIAIS.....	57
4.3 MÉTODOS.....	60
4.3.1 Estudo da área de coleta de dados	60
4.3.2 Coleta de dados.....	60
4.3.3 Processamento dos dados.....	62

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64
5.1 ANÁLISE DA SOLUÇÃO DAS AMBIGUIDADES	64
5.2 ANÁLISE DE PRECISÃO	65
5.3 ANÁLISE DE ACURÁCIA	67
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	69
6.1 CONCLUSÃO	69
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	70
7. REFERÊNCIAS.....	71
ANEXO A.....	76
ANEXO B.....	78
APÊNDICE A	82
APÊNDICE B.....	88
APÊNDICE C	96

1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos têm ocasionado uma transformação significativa nos serviços topográficos, desde que as primeiras estações totais eram utilizadas, passando pelos sistemas *Global Position System* (GPS) e culminando nos atuais equipamentos de *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Essa evolução tecnológica tem modificado a forma como a topografia é realizada, proporcionando uma rapidez e economia em comparação com os métodos tradicionais.

Os equipamentos mais produtivos e amplamente empregados para a realização de levantamentos topográficos com GNSS são aqueles equipados com a tecnologia *Real Time Kinematic* (RTK), que as correções são transmitidas em tempo real de uma estação de referência para uma estação desejada para determinação das coordenadas. Normalmente, as correções são transmitidas via rádio *Ultra High Frequency* (UHF).

Os levantamentos planimétricos realizados com a técnica RTK oferecem vantagens em relação à topografia clássica, não apenas na redução do tempo de execução do levantamento, mas também na redução do tamanho da equipe de campo.

Além da tecnologia RTK por correções via rádio, outro método que está sendo popularizado é o RTK via NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*). Com o NTRIP o receptor GNSS conecta a um servidor NTRIP usando um protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) para receber correções de GNSS em tempo real de uma estação base de referência em qualquer área sob a cobertura de uma rede de internet, dispensando a necessidade de transmissão de rádio UHF.

O protocolo NTRIP foi criado por uma parceria entre a Agência Federal Alemã de Cartografia e Geodésia (BKG) com a Universidade de Dortmund. É um protocolo global baseado no *Hypertext Transfer Protocol* 1.1 (HTTP 1.1), que permitem a transmissão de dados diferenciais pela internet. Ele pode ser acessado por meio de serviços móveis de transmissão do protocolo IP, como *Global System for Mobile* (GSM), *General Packet Radio Service* (GPRS), *Enhanced Data Rates for GSM Evolution* (EDGE) ou *Urchin Tracking Modules* (UMTS) (WEBER et al., 2003).

No Brasil as bases que transmitem as correções fazem parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC), pertencente ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O IBGE iniciou a expansão e modernização da Rede a partir de

2007, o que permitiu o aumento no número de estações e a oferta de um novo serviço para fornecimento de dados em tempo real para aplicações DGPS (*Differential Global Positioning System*) e RTK via NTRIP. Esse serviço é conhecido como RBMC-IP (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em tempo real) e os dados são transmitidos pela internet para um servidor localizado no IBGE, que pode ser acessado por usuários autorizados por meio de uma senha e nome de usuário (COSTA et al., 2008a).

As vantagens do NTRIP incluem o custo e o alcance, permitindo que as correções RTK e DGPS sejam transmitidas para vários usuários simultaneamente. Além disso, um dos aspectos mais positivos do protocolo é a sua capacidade de superar o problema de acesso único à estação base. Utilizar a tecnologia RTK/NTRIP em levantamentos permite reduzir em 50% os custos de aquisição dos equipamentos de topografia em comparação com o modo RTK UHF, porque elimina a necessidade de um equipamento como base.

Assim sendo, diante do contexto favorável ao uso do RTK via NTRIP, torna-se fundamental avaliar a precisão e a exatidão dessa técnica de posicionamento. Esta análise permitirá destacar suas principais vantagens, desafios e limitações, contribuindo para uma compreensão mais abrangente de seu potencial.

2. OBJETIVOS

A seguir serão elencados os o objetivo geral e os objetivos específicos que se almeja alcançar nesta pesquisa.

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo analisar a qualidade do posicionamento GNSS RTK com correções via NTRIP.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os dados adquiridos pelo método de posicionamento GNSS RTK com correções via NTRIP com os dados pós-processados do método de posicionamento relativo estático, examinando a acurácia obtida;
- Examinar o tempo de convergência e o tipo de solução das ambiguidades em função do comprimento da linha de base no levantamento RTK via NTRIP;
- Examinar o alcance da solução NTRIP em função do comprimento da linha de base.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Na revisão da literatura serão apresentados os autores para fundamentar a pesquisa, além de discutir os trabalhos científicos que levaram a formulação da problemática da pesquisa, bem como os trabalhos que serviram como modelo para metodologia empregada.

3.1 SISTEMAS DE POSICIONAMENTO

Assim como muitas outras descobertas, o sistema de posicionamento via satélite teve sua origem nas necessidades militares. As demandas por informações precisas de localização para fins militares impulsionaram as pesquisas e o desenvolvimento dos primeiros sistemas de navegação por satélite, que hoje são amplamente utilizados em diversas áreas. Os serviços de localização são extensivamente utilizados para as mais diversas finalidades, por isso cada vez mais são implementadas soluções e melhorias para esses serviços. Os sistemas de navegação baseados em satélite são, de forma geral, chamados de GNSS. Esse termo passou a ser adotado em 1991, na 10ª Conferência de Navegação Aérea, pela Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO) que reconheceu que futuro da navegação autônoma por satélites seria fornecida pelo GNSS (HEIN, 2000).

Segundo SEEBER (2003), há duas etapas que definem o GNSS, a primeira etapa é GNSS-1, onde era baseado nos sistemas GPS e GLONAS como estrutura principal, e incrementado por componentes civis;

GNSS-2: é uma segunda geração do sistema, incrementada pelos satélites GPS do bloco IIF e o europeu Galileo.

De acordo com Oclan e Tunalioglu (2010), o sistema GNSS é composto por três categorias principais: os sistemas de posicionamento globais, os sistemas de posicionamento regionais e por fim os sistemas de aumento.

A Índia e o Japão possuem seus sistemas de posicionamento próprios, sistemas regionais. O sistema *Indian Regional Navigational Satellite System* (IRNSS) ou *Navigation Indian Constellation* (NAVIC) é administrado pelo governo indiano, sua constelação é composta por sete satélites e provê serviços de posicionamento e hora certa, cobrindo uma área de 1.500 Km ao redor do país. O Japão possui o *Quasi-Zenith Satellite System* (QZSS), que não é um sistema de posicionamento independente e sim um acessório ao GPS para a região da Ásia

e Oceania, com foco no Japão. O QZSS conta com quatro satélites e é voltado a prover um sistema mais preciso em posicionamento e hora para a região, para plataformas já compatíveis

Os sistemas globais de posicionamento são compostos pelo estadunidense GPS, o russo GLONASS, o sistema de navegação da União Europeia Galileo e mais recentemente o sistema chinês de posicionamento global por satélite BeiDou/Compass.

O Sistema GPS é uma tecnologia de radionavegação desenvolvida dos Estados Unidos. Conforme KAPLAN e HEGARTY (2006) descrevem, o sistema de navegação considerado ideal pelo governo norte-americanos deveria conter os seguintes atributos: cobertura global, operação contínua independente do clima, capacidade de atender plataformas de alta dinâmica e alta precisão. O GPS tornou se completamente operacional em 1985, com 24 satélites compondo a constelação.

Cada satélite GPS é capaz de transmitir três ondas portadoras: L1, L2 e L5, as quais são geradas a partir da frequência fundamental de 10,23 Mhz, que é multiplicada por 154, 120 e 115, respectivamente. Deste modo, as frequências (L), e os comprimentos de onda (λ) de L1, L2 e L5 são (MONICO, 2008):

$$L1 = 1575,42 \text{ MHz e } \lambda \cong 19 \text{ cm;}$$

$$L2 = 1227,60 \text{ MHz e } \lambda \cong 24 \text{ cm;}$$

$$L5 = 1176,45 \text{ MHz e } \lambda \cong 25 \text{ cm.}$$

Atualmente a constelação GPS é composta por 32 satélites, sendo que 31 são operacionais (GLONASS-IAC, 2023).

O *Global Navigation Satellite System* – GLONASS é o sistema de navegação via satélite desenvolvido pela antiga União Soviética, atualmente mantido pela Rússia. Declarado operacional em setembro de 1993, o sistema GLONASS conta atualmente com uma constelação formada por 25 satélites, sendo que destes 24 são operacionais.

A grande diferença entre o GLONASS e o GPS reside no fato de que cada satélite do GLONASS opera em uma frequência distinta. Considerando o número específico de cada satélite, as frequências L1 e L2 são expressas em MHz, respectivamente, conforme mencionado por Leick (2004):

$$f_1^p = 1602 + 0,5625 * p$$

$$f_2^p = 1246 + 0,4375 * p$$

$$\frac{f_1^p}{f_2^p} = \frac{9}{7}$$

O Galileo é a contribuição da União Europeia ao GNSS, surgindo motivado pela decisão do governo norte-americano de não autorizar outras nações a participarem da manutenção e desenvolvimento do GPS devido a seus fins militares (HOFMANN-WELLENHOF et al., 2008). Operacional desde 2016, a configuração de base da constelação Galileo é composta 32 satélites nominais, sendo que destes 31 são operacionais.

Cada satélite do sistema GALILEO transmite sinais em três diferentes frequências utilizando a técnica CDMA (*Code Division Multiple Access*). Esses sinais são denominados:

E1: 1575,420 MHz (alinhada à frequência GPS L1);

E5: 1191,795 MHz;

E6: 1278,750 MHz.

O sinal E5 é subdividido em duas sub-bandas:

E5a: 1176,450 MHz (alinhada à frequência GPS L5);

E5b: 1207,140 MHz.

O sistema de satélites BeiDou/Compass (BDS) foi desenvolvido pelo governo chinês. A implementação da constelação de satélites chinesa está em constante aprimoramento e alcançou plena operacionalidade em 2020. Atualmente a constelação é formada por 49 satélites, dos quais 8 estão em órbita geoestacionária, 12 em órbita geossíncronas inclinadas, e 29 em órbitas circulares. Ao todo 44 satélites estão operacionais e são usados para o fim que se destinam (GLONASS-IAC, 2023).

3.2 ERROS NO POSICIONAMENTO GNSS

O posicionamento por GNSS, assim como qualquer outro levantamento de natureza geodésica, está sujeito a efeitos que podem resultar na introdução de erros, levando a uma deterioração da precisão final do posicionamento. Esses erros devem ser eliminados ou minimizados por meio de modelagem matemática, técnicas de observação adequadas e processamento cuidadoso dos dados. Na sequência, fatores que influenciam a qualidade do sinal serão elencados.

3.2.1 Efeitos atmosféricos

No que diz respeito ao posicionamento geodésico a atmosfera terrestre pode ser dividida em troposfera e ionosfera. Cada camada com características e efeitos nos sinais GNSS bem distintos. Os efeitos serão elencados nas sessões seguintes.

3.2.1.1 Troposfera

O efeito da refração troposférica, podem variar de poucos metros até 30 metros, dependendo do ângulo de elevação do satélite e da atmosfera, sendo uma oscilação na amplitude da onda eletromagnética (MATSUOKA, 2007). Os efeitos da refração troposférica são dependentes do meio que se propaga, estes efeitos podem ser classificados em: enfraquecimento da atmosfera, cintilação troposférica e atraso troposférico.

O enfraquecimento da atmosfera, causa uma diminuição da força das ondas eletromagnéticas, através das componentes da atmosfera, de modo que uma máscara de elevação abaixo de 15°, não é recomendada.

A cintilação troposférica pode causar uma variação na amplitude da onda, nos primeiros quilômetros acima da Terra, devido o índice de refatividade atmosférica e suas irregularidades.

O atraso troposférico é causado pela influência da atmosfera seca (hidrostática) - precisão lógica, alinhado com a variação da pressão atmosférica e a temperatura - e a úmida (vapor d'água atmosférica) - menor atraso, porém maior variação, portanto, precisão ruim (Monico, 2008).

O cálculo do atraso troposférico, é realizado baseado em uma aproximação da soma dos efeitos das componentes hidrostática e úmida, multiplicadas por suas respectivas funções de mapeamento. Sapucci (2001) demonstrada de forma simplificada a Equação 1

$$T_r^s = [T_{zh} mh(E) + T_{zw} mw(E)] \quad (1)$$

onde:

T_r^s - Atraso troposférico total para um ângulo de elevação (E) entre o satélite s e o receptor r

T_{zh} - Atraso zenital da componente hidrostática;

T_{zw} - Atraso zenital da componente úmida;

$mh(E)$ e $mw(E)$ - são funções de mapeamento que relacionam o atraso das componentes hidrostáticas e úmida com o ângulo de elevação (E).

3.2.1.2 Ionosfera

O efeito da refração ionosférica depende da frequência utilizada e, consequentemente, do índice de refração. Alguns dos parâmetros que influenciam a refração ionosférica são principalmente a atividade solar e o campo geomagnético. A refração ionosférica também é afetada pela localização geográfica e pelas condições meteorológicas (SEEBER, 2003).

O efeito da refração ionosférica é proporcional ao número total de elétrons no caminho do sinal entre o receptor e a antena. No entanto, esse número de elétrons evolui de acordo com certas variáveis (Monico, 2008), que para a sua correção é usado receptores de dupla frequência, por meio de combinações entre variáveis coletadas em uma única estação, das equações da pseudodistância e da fase da onda portadora, as chamadas *ion-free* (*ionospheric free observable*).

A combinação linear da *ion-free* (2) para a pseudodistância (PD_{IF}) e fase da onda portadora (3) (φ_{IF}) pode ser dada por (SEEBER, 2003):

$$PD_{IFr}^S = m_1 PD_{IFr}^S + m_2 PD_{IFr}^S \quad (2)$$

$$\varphi_{IFr}^S = m_1 \varphi_{L1r}^S + m_2 \varphi_{L2r}^S \quad (3)$$

Onde, os valores de m_1 e m_2 são definidos para cada equação:

$$PD_{IFr}^S \rightarrow m_1 = \left(\frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} \right) ; PD_{IFr}^S \rightarrow m_2 = - \left(\frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \right)$$

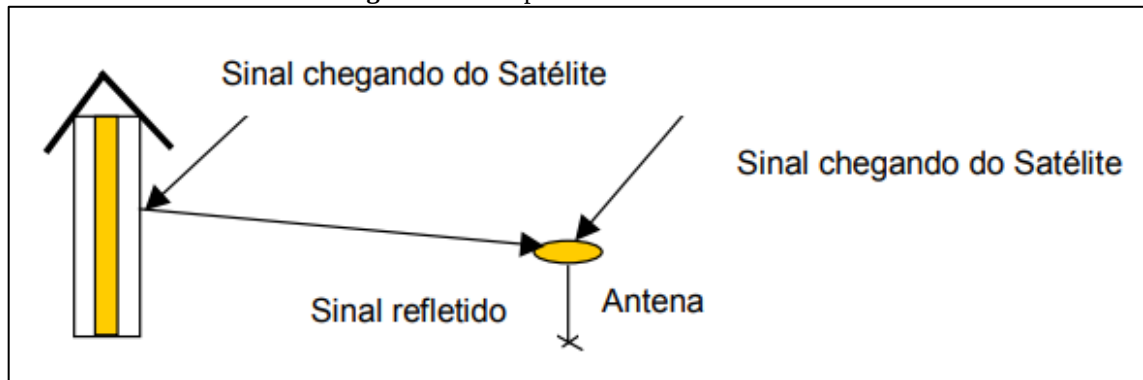
$$\varphi_{IFr}^S \rightarrow m_1 = \left(\frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} \right) ; \varphi_{IFr}^S \rightarrow m_2 = (f_1 f_2 - / (f_1^2 - f_2^2)) ;$$

À medida que o sinal GNSS atravessa a região ionosférica com densidade irregular de elétrons, ele sofre variações de amplitude, fase, polarização e no ângulo. As variáveis relacionadas correspondem: ao tempo, espaço, densidade, movimento do plasma ao longo do geomagnetismo (linha) e por último a cintilação ionosférica (SEEBER, 2003).

3.2.2 Erros de multicaminhamento

O erro por multicaminhamento acontece quando o rastreamento por antena recebe sinais direta ou indiretamente do satélite, alguns sinais podem ser desviados ao longo do caminho. O multicaminhamento acontece principalmente quando o sinal é refletido em superfícies próximas à antena do receptor, tais como construções, veículos, árvores, colinas, conforme demonstrado na figura 1 (SOUZA, 2008).

Figura 1 - Exemplo de multicaminhamento



Fonte: INPE (2003).

É muito complexo determinar um modelo para lidar com esse efeito devido às situações geométricas arbitrárias dos locais onde ele ocorre. Consequentemente, a qualidade do posicionamento é frequentemente afetada pela fase da onda portadora e pela pseudodistância (MONICO, 2008).

A influência da onda refletida no desempenho global do sistema depende do grau de rugosidade da superfície (SOUZA, 2008), comparado ao comprimento de onda do sinal. Quanto menor a rugosidade, mais a intensidade da onda refletida se aproxima da obtida na reflexão especular.

Portanto, o ambiente do levantamento determina as possíveis reflexões e/ou difrações e, conseqüentemente, o efeito do multicaminhamento.

3.2.3 Erros de perda de ciclo

As perdas de ciclo estão relacionadas ao ciclo da onda do sinal, podendo ser ocasionadas por obstruções no caminho, impedindo-o de chegar até o receptor ou provocando uma descontinuidade no sinal.

Esse erro está correlacionado a perda de ciclo, por meio da obstrução do sinal de um ou mais satélites, dificultando que este chegue até a antena do receptor. Devido a isso, ocorre uma perda de na contagem do número inteiro de ciclos medidos no receptor, sendo chamada de perdas de ciclos (*cycle slips*). Esse bloqueio pode estar relacionado a construções, árvores, montanhas, interferências de outras fontes de rádios, problemas no receptor e entre outros (MONICO, 2008). Além dessas obstruções, bruscas variações na atmosfera e a aceleração da

antena podem provocar este efeito, bem como problemas com o receptor, além de interferência de outras fontes de rádio.

É possível realizar a correção desse erro por meio da identificação do momento de descontinuidade do sinal e corrigida a medição da fase portadora dos ciclos completos (COELHO; ALVES, 2022).

3.2.4 Erros de rotação da terra

O erro relacionado à rotação da terra, tem ligação direta com o momento da transmissão do sinal as coordenadas do satélite, essas coordenadas são modificadas quando as coordenadas do sistema terrestre rotacionam com o satélite e é necessário corrigir a rotação da terra (MONICO, 2008).

3.3 AS OBSERVÁVEIS GNSS

As observáveis básicas do GNSS que permitem determinar posição, velocidade e tempo podem ser identificadas como (Seeber, 2003):

- Pseudodistância a partir do código; e
- Fase da onda portadora ou diferença de fase da onda portadora.

O principal objetivo desta subseção, é descrever as equações de observação destas variáveis.

3.3.1 Pseudodistância

A observável pseudodistância é obtida pela diferença de tempo entre a transmissão do sinal do satélite “s” e a sua recepção no receptor “r”. A equação (4) de observação para a pseudodistância é definida como (Monico, 2008):

$$PD_r^s = \rho_r^s + c[dt_t - dt^s] + I_r^s + T_r^s + dm_r^s + \varepsilon_{PD_r^s}$$

(4)

Onde:

$$PD_r^s$$

ρ_r^s é a distância geométrica entre o satélite e o receptor;

c é a velocidade da luz;

dt_t é o erro do relógio do receptor no instante de recepção;
 dt^s é o erro do relógio do satélite no instante de transmissão;
 I_r^s é o erro provocado pela ionosfera;
 T_r^s é o erro provocado pela troposfera;
 dm_r^s é o erro provocado pelo multicaminho; e
 $\varepsilon_{PD_r^s}$ é o erro da pseudodistância devido aos efeitos sistemáticos e aleatórios.

3.3.2 Fase da onda portadora

Segundo Monico (2008), a observável mais precisa é a fase da onda portadora, observável básica para a maioria das atividades geodésicas. Ela é obtida a partir da diferença entre a fase gerada pelo receptor no momento da recepção, e a fase gerada no satélite no tempo de transmissão.

Quando a fase da onda portadora chega ao receptor, ele mede apenas a parte fracional da onda. A partir deste momento, todo ciclo que chega o receptor contabiliza. Porém o número de ciclos inteiros na primeira época de dados permanece desconhecido. Este número inteiro de ciclos desconhecido é o denominado ambiguidade de fase de portadora (Teunissen, 1998).

A Equação (5) da observação da fase da onda portadora é dada por:

$$\phi_r^s = f \left(\frac{\rho_r^s - I_r^s + T_r^s + dm_r^s}{c} \right) + f * [dt_r - dt^s] + [\phi_t^s(t_0) - \phi_r(t_0)] + N_r^s + v_{\phi_r^s} \quad (5)$$

Onde:

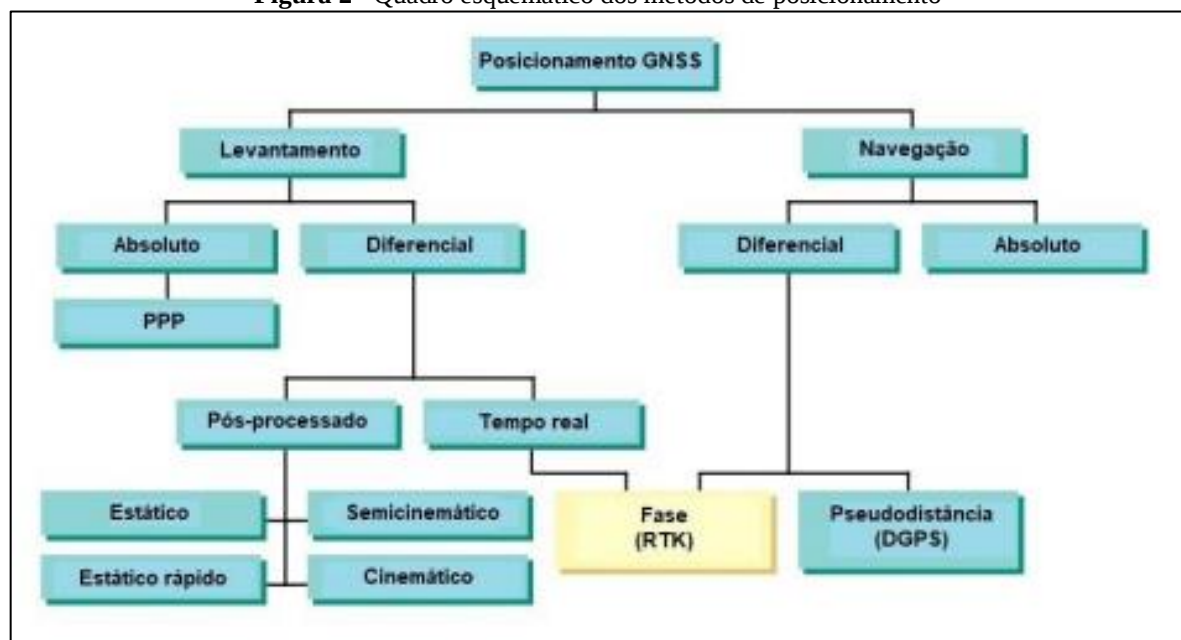
f é a frequência nominal da fase;
 $\phi_t^s(t_0)$ e $\phi_r(t_0)$ é a fase inicial no satélite e no receptor, respectivamente, no instante t_0 ;
 N_r^s é a ambiguidade da fase no instante inicial de rastreo; e
 $v_{\phi_r^s}$ é o erro da fase da portadora devido aos efeitos não modelados e aleatórios.
 Os demais termos da equação da fase já foram definidos anteriormente.

3.4 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GNSS

Diversos métodos de posicionamento foram desenvolvidos com o intuito de explorar a capacidade que o GNSS tem de prover coordenadas precisas sobre a superfície terrestre, ou próximo dela.

A definição da técnica a ser adotada no posicionamento com receptores GNSS depende de alguns fatores, como o tipo de observável utilizado, o tipo de receptor utilizado, o referencial adotado, o tipo de efemérides (transmitidas ou precisas), o número de receptores envolvidos, o tempo de coleta e o momento do processamento. Um quadro esquemático sobre os métodos de posicionamento é demonstrado na figura 2.

Figura 2 - Quadro esquemático dos métodos de posicionamento

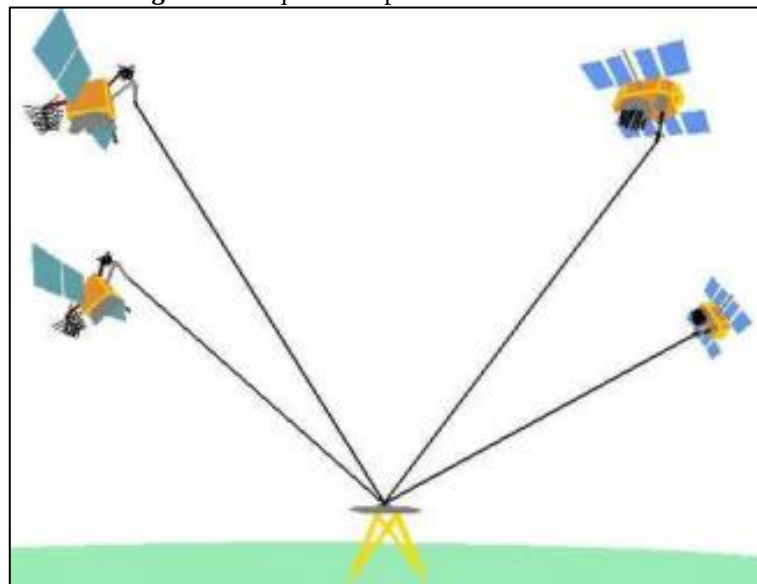


Fonte: Adaptado de Langley (1998).

3.4.1 Posicionamento absoluto

No posicionamento pelo método absoluto, também conhecido como posicionamento por ponto (PP), demonstrado na figura 3, a determinação de coordenadas tridimensionais é realizada usando um receptor isolado que mede pseudodistâncias com base em observações de código ou fase das ondas portadoras (HOFMANN-WELLENHOF et al., 1994). O posicionamento absoluto de pontos é baseado em efemérides transmitidas e o ponto é determinado em relação ao sistema de referência associado ao GPS.

Figura 3 - Esquema do posicionamento absoluto



Fonte: IBGE (2008).

3.4.2 Posicionamento por ponto preciso

O método de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) é caracterizado pela utilização de efemérides precisas, correções dos relógios dos satélites e parâmetros de orientação da Terra. Esses dados são combinados com observações de fase da onda portadora e/ou pseudodistância, coletadas por receptores de frequência simples (L1) ou dupla frequência (L1/L2).

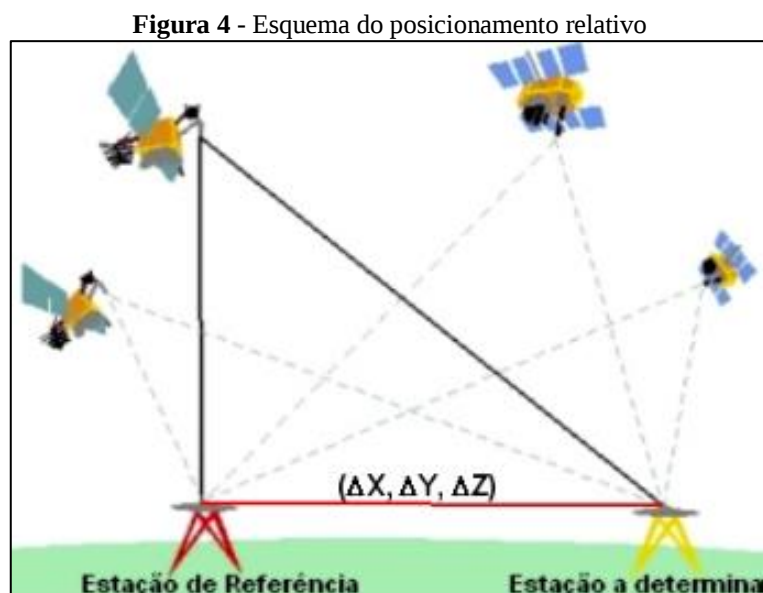
As efemérides precisas são disponibilizadas por órgãos como o Serviço Internacional GNSS (IGS) e podem ser classificadas de acordo com sua disponibilidade em três categorias (MONICO, 2008):

- Efemérides Finais ou IGS: São disponibilizadas com um atraso de 13 dias em relação ao período atual. Ela apresenta uma acurácia menor que 5 centímetros (cm);
- Efemérides Rápidas ou IGR: Têm um atraso de aproximadamente 17 horas em relação ao período atual e com apresenta um nível de acurácia próximo ao das efemérides IGS; e
- Efemérides Ultrarrápidas ou IGU: São liberadas quatro vezes ao dia (03:00, 09:00, 15:00 e 21:00) e contêm um total de 48 horas de dados. A primeira metade desses dados é calculada a partir de observações, enquanto a segunda metade é predita. Os arquivos são nomeados de acordo com o tempo médio contido em cada um deles: 00, 06, 12 e 18. A acurácia da primeira parte da é da ordem de 5 cm. Já a parte predita tem acurácia em posição na ordem de 10 cm.

Existem serviços *on-line* que realizam o processamento de dados PPP, destacando-se o disponibilizado pelo IBGE.

3.4.3 Posicionamento relativo

No posicionamento relativo, as coordenadas são determinadas em relação a um referencial materializado por uma ou mais estações com coordenadas conhecidas. Para realizar esse tipo de posicionamento, é necessário que pelo menos dois receptores coletem dados de pelo menos dois satélites simultaneamente, conforme representado na figura 4. Um dos receptores deve estar localizado em uma estação com coordenadas conhecidas, chamada de estação de referência ou estação base (IBGE, 2008).



Fonte: IBGE (2008).

A precisão do método relativo está diretamente relacionada ao comprimento da linha de base. Em linhas de até 20 km, é possível alcançar uma precisão da ordem dos centímetros (HOFMANN-WELLENHOF, 2001).

Em todas as técnicas descritas, a seguir, podem ser utilizados tanto receptores de simples frequência (L1) como receptores de dupla frequência (L1/L2). Entretanto, sabe-se que a ausência da L2 impõe certas condições, como maior tempo de ocupação e linhas de base mais curtas. Isso se deve ao fato de a acurácia da fase da onda portadora ser superior à da pseudodistância. A fim de se obter melhores resultados de precisão no posicionamento, realiza-

se a correção dos seguintes erros: efemérides, relógios dos satélites e parâmetros de orientação, a qual pode ser realizada em um procedimento posterior à coleta dos dados ou simultaneamente.

3.4.4 Posicionamento Relativo Estático

No posicionamento relativo estático, tanto o receptor da estação referência, quanto o da estação com coordenadas a determinar, permanecem estacionários durante todo o levantamento, e a duração do levantamento pode variar de 20 minutos a até várias horas (LEICK, 2004; IBGE, 2008). O comprimento da linha de base entre estações rastreadas é de suma importância, pois os valores dos desvios padrão dessas linhas são maiores quanto maior for a linha de base, pois uma maior distância acarreta maiores erros relativos ao processo de rastreamento.

A DD da fase de batimento da onda portadora é geralmente a observável mais adotada no posicionamento relativo estático. Também se utiliza a DD da pseudodistância ou até mesmo as duas observáveis em conjunto, o que proporciona melhores resultados em termos de acurácia (MONICO, 2008).

A qualidade da estimativa das coordenadas dos pontos depende do tempo de rastreio e da distância entre as estações base e *rover*. Logo, quanto maior for o tempo de rastreio maior será o número de observações, além disso, favorece a mudança da geometria, fazendo com que aumente a possibilidade de solução da ambiguidade. Por esta razão, espera-se uma melhor acurácia na estimativa de parâmetros geodésicos como coordenadas, velocidades, parâmetros atmosféricos, dentre outros (CHUERUBIM & GOMES, 2014).

O princípio básico desta técnica de posicionamento é minimizar as fontes de erro pela diferença entre observações recebidas simultaneamente por receptores que ocupam duas estações (LEICK, 2004; IBGE, 2008). O efeito do multicaminho, que possui difícil modelagem, permanece, pois depende das condições físicas específicas de cada local, por isso, o que se tenta é realizar a coleta de dados evitando tal efeito, o que nem sempre é possível (SOUZA, 2008).

O multicaminho é um tipo de erro que apresenta correlação espacial no posicionamento relativo. Neste método de posicionamento costuma-se dividir os erros em correlacionados e não correlacionados espacialmente (RAQUET, 1998):

- Erros correlacionados: efeitos da atmosfera (troposfera e ionosfera) e erros de órbita; e
- Erros não correlacionados: efeitos do multicaminho e ruído das medidas de fase e pseudodistância.

Quando são utilizados dados de redes de estações de referência como base no posicionamento relativo, o que se espera é que o efeito do multicaminho diminua consideravelmente, pois pressupõe-se que essas estações estejam bem localizadas. No posicionamento relativo, quando se utilizam as DD, o multicaminho é a maior fonte de erros sistemáticos para linhas de base curtas. Em contrapartida, para linhas de base médias e longas, os erros causados pela refração ionosférica e troposférica e pelas órbitas dos satélites também possuem grande destaque, em especial os que envolvem a ionosfera (ALVES, 2004).

O posicionamento relativo estático é amplamente utilizado em levantamentos topográficos de alta precisão, especialmente em projetos que exigem medições precisas e confiáveis de pontos geodésicos ou pontos de controle. Este método permite obter precisão da ordem de 1,0 a 0,1 partes por milhão (ppm), ou mesmo melhor que isso. Em linhas de base maiores que 15 quilômetros (km) é imprescindível o uso de receptores de dupla frequência, assim a precisão será melhor que 1,0 ppm (MONICO, 2008).

3.4.5 Posicionamento relativo estático rápido

O método de posicionamento relativo estático rápido é uma abordagem eficiente para determinar as coordenadas precisas de pontos geodésicos. Esse método envolve a coleta de observações GNSS por um período de tempo mais curto do que o método relativo estático convencional. Ele utiliza técnicas de processamento diferencial para eliminar erros sistemáticos e obter resultados rápidos com alta precisão.

É adequado para linhas de base curtas, de até 10 km. Utiliza-se este método quando se pretende alta produtividade ou quando há muitas obstruções entre as estações a serem levantadas (IBGE, 2008).

3.4.6 Posicionamento semicinemático

O posicionamento relativo semicinemático, também conhecido como posicionamento pseudoestático, representa um estágio intermediário entre o posicionamento relativo estático e cinemático. Essa técnica é semelhante ao posicionamento estático-rápido, diferenciando-se pelo tempo de permanência em cada estação e pela necessidade de manter o receptor ligado durante todo o levantamento.

Nesse método, a solução do vetor de ambiguidades depende da variação da geometria entre as duas estações e os satélites. Portanto, são coletados dados na estação base e em pelo

menos dois períodos curtos na local em que se deseja determinar as coordenadas. Essas coletas devem ocorrer em um intervalo de tempo suficiente (20 a 30 minutos) para permitir a alteração na geometria dos satélites e possibilitar a resolução das ambiguidades (Monico, 2008).

Alguns autores incluem nessa técnica o posicionamento *stop-and-go*, que, de acordo com Seeber (2003), provavelmente originou a denominação de levantamentos cinemáticos. A ideia básica é determinar inicialmente as ambiguidades e, em um segundo momento, ocupar as estações de interesse por um curto intervalo de tempo suficiente para identificar a estação (*stop*) e, em seguida, deslocar-se para a próxima (*go*), sem perder a sincronização com os satélites.

3.4.7 Posicionamento cinemático

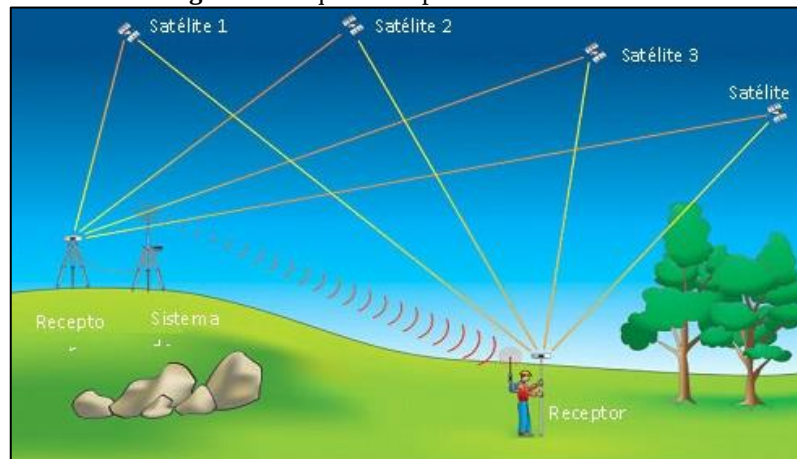
O posicionamento relativo cinemático é caracterizado pela determinação de um conjunto de coordenadas para cada período de observação, em que um receptor ocupa a estação de referência enquanto o outro permanece estacionado ou se desloca ao longo das características de interesse. Nesse método, embora a antena esteja em movimento, a trajetória é descrita por uma série de pontos. Portanto, para realizar o posicionamento cinemático, é necessário ter no mínimo cinco satélites disponíveis (IBGE, 2008).

3.4.8 Posicionamento cinemático em tempo real

O método de posicionamento conhecido como RTK consiste no processamento em tempo real dos dados. Para tanto há necessidade de um sistema de comunicação entre a estação base ou de referência e a estação móvel, representado na figura 5. O receptor da estação móvel deve dispor de um programa apropriado para realização do processamento dos dados em tempo real, com solução quase instantânea do vetor de ambiguidades (SEGANTINE, 2005).

A obtenção de coordenadas em tempo real traz diversas vantagens em várias aplicações, como a redução do tempo de execução, o menor envolvimento de pessoas, o aumento da produtividade e a redução dos custos associados.

Figura 5 - Esquema do posicionamento RTK



Fonte: Giovanini (2023).

Segundo Monico (2008), o método RTK é baseado em algumas características essenciais:

- Transmissão em tempo real dos dados de fase da onda portadora e da pseudodistância da estação base para o receptor móvel, ou as correções desses dados;
- Resolução quase instantânea das ambiguidades para o Receptor Móvel, chamado de "*on the way*" ou "*on the fly*", e
- Determinação confiável do vetor da linha de base em tempo real. No entanto, no posicionamento RTK, os erros envolvidos no processo (como ionosfera, troposfera e órbita dos satélites) são proporcionais ao comprimento da linha de base, o que limita a distância entre a Estação Base e o usuário a poucos quilômetros.

A precisão média oferecida por esse método de posicionamento é de aproximadamente 10 milímetros (mm) + 1 a 2 ppm para coordenadas horizontais e 15 a 20 mm + 2 ppm para coordenadas verticais. Segundo Segantine (2005), para alcançar precisões centimétricas utilizando o método RTK, é necessário resolver as ambiguidades, pois essa solução garante a confiabilidade dos resultados obtidos no posicionamento. O uso de soluções com ambiguidades flutuantes resulta em precisões variando entre decímetros e metros, enquanto soluções com ambiguidades fixas apresentam precisões centimétricas.

Alguns dos principais erros que podem ocorrer no posicionamento RTK são:

- Multicaminhamento, que consiste na reflexão dos sinais em várias direções antes de alcançarem a antena;

- Erro nas coordenadas da Estação Base, que ocorre quando o operador fornece valores incorretos para as coordenadas iniciais, resultando em erros nas coordenadas dos demais pontos determinados, e
- Perda de ciclo, que ocorre quando há interrupção do sinal entre o receptor e o satélite.

Esses erros podem afetar a precisão e a acurácia do posicionamento, já que o multicaminhamento e a perda de ciclo comprometem a qualidade dos sinais dos satélites para os receptores, distribuindo os erros para todas as observações. Já o erro nas coordenadas da Estação Base ocorre no início do levantamento, quando o operador fornece coordenadas incorretas para a Estação Base.

O método de posicionamento em tempo real é amplamente utilizado em diversos campos de trabalho devido à sua rapidez na obtenção de dados e sua precisão. Levantamentos com linhas de base curtas, de até 10 km, alcançam precisões centimétricas, e as coordenadas podem ser determinadas durante as ocupações, facilitando o trabalho do operador e permitindo um maior número de ocupações. As principais áreas de aplicação desse método incluem (SEEBER, 2003):

- Levantamentos planialtimétricos;
- Sistema de informações Geográficas (SIG);
- Locação de obras;
- Controle de máquinas; e
- Agricultura de Precisão.

3.4.8.1 Solução das ambiguidades

Na técnica RTK, a solução das ambiguidades é fundamental para alcançar um posicionamento preciso. O número de satélites rastreados, a geometria satélite-receptor, o uso de dados de pseudodistância em conjunto com a fase, o ruído de observação e a utilização de observações de dupla frequência são fatores determinantes para o sucesso desse processo (LANGLEY, 1998; SOUZA, GARNÉS e MARQUES, 2014).

Sob condições favoráveis, o tempo necessário para obter uma solução fixa pode ser inferior a um minuto, podendo até mesmo ser alcançado em menos de 10 segundos. É importante ressaltar que, para atingir esses tempos de fixação rápidos, é necessário considerar a qualidade dos dados observados e a configuração do sistema.

No posicionamento RTK, a capacidade do receptor móvel de resolver as ambiguidades em tempo real enquanto a antena está em movimento é um fator crucial. Isso é conhecido como "*On The Fly*" (SEEBER, 2003).

De acordo com Teunissen (1996), a solução das ambiguidades GNSS pode ser dividida em duas etapas:

- Estimação do problema da ambiguidade: Nessa etapa, busca-se calcular as ambiguidades em valores inteiros. A estimação das ambiguidades como valores inteiros, tem como ponto de partida o sistema de equações de observação de DD linearizadas.
- Validação do problema da ambiguidade: Após a estimação das ambiguidades, é realizada a validação para verificar se a solução encontrada é confiável. O teste *ratio* é o mais popular teste de validação das ambiguidades.

O processo de solução das ambiguidades é essencial para obter resultados precisos no posicionamento RTK. A estimação e validação corretas das ambiguidades garantem que o vetor de ambiguidades seja resolvido de forma confiável, resultando em uma posição precisa do receptor GNSS.

3.4.8.2 Meios de transmissão de dados

A arquitetura de uma rede que suporta o RTK em rede envolve uma série de componentes, incluindo estações de referência GNSS, um centro de controle e sistemas de comunicação. Esses componentes trabalham juntos para permitir a transmissão de dados GNSS das estações de referência para os usuários do RTK em rede. Com relação aos sistemas de comunicação, existem várias opções disponíveis, conforme especificado por Talbot (1996):

Rádio/modem via *Very High Frequency* (VHF) ou UHF: Essa opção utiliza a transmissão de dados por rádio para estabelecer a comunicação entre as estações de referência e os receptores móveis. Os dados GNSS são transmitidos usando frequências de rádio VHF ou UHF.

Linha telefônica móvel: Nessa opção, os dados GNSS são transmitidos usando uma linha telefônica móvel, que pode incluir tecnologias como GSM ou *Code Division Multiple Access* (CDMA). Os dados são enviados por meio de uma conexão de dados móveis para os receptores móveis.

Sub-portadora FM (Radio Data System): Essa opção utiliza a tecnologia de sub-portadora *Frequency Modulation* (FM) para transmitir dados GNSS. É uma técnica que pode ser usada em sistemas de radiodifusão FM existentes, como o Sistema de Transmissão de Dados por Rádio.

Internet sem fio: Essa opção faz uso da internet sem fio para transmitir os dados GNSS. Os receptores móveis se conectam a uma rede sem fio, como *wi-fi* (*Wireless Fidelity*) ou redes de dados móveis, para receber as correções diferenciais e outras informações GNSS.

Via satélite: Essa opção faz o uso de correções diferenciais transmitidas pelos satélites GNSS para obter coordenadas com alta precisão.

3.5 MENSAGENS PADRONIZADAS RTCM

A *Radio Technical Commission for Maritime Service* (RTCM) é uma organização internacional sem fins lucrativos, que atua de forma científica, profissional e educacional. Seu objetivo principal é o desenvolvimento de padrões internacionais para sistemas de radionavegação e radiocomunicação.

A RTCM é composta por diversos Comitês Especiais que são responsáveis pela elaboração e divulgação de relatórios contendo os Padrões RTMC recomendados nas diferentes áreas da radio navegação e radiocomunicação. Um desses é o Comitê Especial 104 (SC-104), que tem como foco os sistemas diferenciais GNSS amplamente utilizados em navegação por satélite tanto em ambientes marítimos como terrestres. O SC-104 desempenha um papel importante na definição e disseminação dos padrões para esses sistemas, visando assegurar a qualidade e a interoperabilidade dessas tecnologias em âmbito global.

Os padrões da RTCM consistem em mensagens numericamente identificadas que são utilizadas para transmitir informações específicas destinadas à correção de erros inerentes aos sistemas GNSS. Essas mensagens seguem um formato semelhante às mensagens de navegação do sistema GPS, com palavras de 30 *bits* e uma taxa de transmissão de 50 bps. À medida que as técnicas de posicionamento evoluíram e novas tecnologias e meios de comunicação foram introduzidos, foram incorporadas 39 novas mensagens ao padrão RTCM SC-104. Essas mensagens abrangem diferentes aspectos e permitem aprimorar a precisão e a confiabilidade do posicionamento em sistemas GNSS, conforme destacado por Ramos (2007).

No Anexo A está apresentado um resumo dos principais tipos de mensagem RTCM. As principais versões da RTCM serão abordadas em seguida.

3.5.1 RTCM Versão 2.3

Na versão 2.3 do padrão RTCM, foi possível a transmissão de dados e/ou correções GNSS entre uma estação base e qualquer estação móvel. Essa capacidade de transmissão viabiliza a utilização de técnicas de posicionamento como DGPS e RTK.

Para tal, foram implementadas as combinações das mensagens 22 e 23. A mensagem 22 fornece a posição da estação de referência com uma precisão submilimétrica, enquanto a mensagem 23 fornece as coordenadas *Earth-Centered-Earth-Fixed* (ECEF) do centro de fase L1 da antena com uma precisão centimétrica. Na versão 2.3 do padrão RTCM, foram incorporados os bits GS, AT e AR na mensagem 22. O bit GS indica a disponibilidade de sinal GNSS, o bit AT indica a disponibilidade de correção de tempo e o bit AR indica a disponibilidade de correção de fase (RAMOS, 2007).

3.5.2 RTCM versão 3.0

A versão 3.0 do padrão RTCM, lançada em fevereiro de 2004, adota o conceito *Master-Auxiliary*, proposto pela *Leica Geosystems* e a *Geo++*, para a transmissão de mensagens de correção GNSS em uma rede de estações de referência. Essa rede é composta por uma estação principal (*Master*) e várias estações auxiliares (*Auxiliary*). A estação principal coleta os dados de correção de várias estações auxiliares e os transmite aos receptores GNSS móveis. Esse conceito permite uma maior flexibilidade na configuração da rede e melhora a cobertura e a precisão das correções disponíveis para os usuários.

De acordo com Brown et al. (2005), a versão 3.0 do padrão RTCM apresenta um desempenho superior em relação aos métodos *Fast Kinematic Positioning* (FKP) e *Virtual Reference Station* (VRS), tanto em termos de tempo de inicialização, confiabilidade, solução de ambiguidades quanto em acurácia. Essa versão é mais eficiente do que a 2.3 e suporta o transporte de um maior volume de informações, o que permite a realização do posicionamento RTK em rede de forma mais eficaz e precisa.

3.5.3 RTCM versão 3.1

A versão 3.1 do padrão RTCM, conforme descrito pela RTCM (2006), introduz correções de rede GNSS que permitem que receptores móveis obtenham informações precisas para o posicionamento RTK em uma área ampla. A inclusão de novas mensagens de parâmetros orbitais para os sistemas GPS e GLONASS contribui para uma inicialização mais rápida dos receptores, fornecendo dados atualizados para cálculos de posição precisos. Além disso, a adição da mensagem de texto *Unicode* possibilita a transmissão eficiente de dados textuais padronizados, ampliando as capacidades de comunicação e troca de informações no contexto do RTK (RTCM, 2006).

O formato RTCM 3.1 tem a capacidade de suportar modificações nos sistemas existentes, como os novos sinais L2C e L5. Além disso, é compatível com sistemas de aumento que utilizam satélites geoestacionários, conhecidos como Sistemas de Aumento de Área (SBAS). O primeiro sistema desse tipo a ser implementado nas mensagens RTCM 3.1 foi o Sistema de Aumento de Área do Oeste dos Estados Unidos.

A versão RTCM 3.1 introduziu várias melhorias e recursos adicionais, incluindo:

- Mensagens de efemérides GPS: Essas mensagens fornecem registros dos satélites GPS utilizados pela estação base, permitindo ao receptor móvel calcular posições precisas com base nas informações de efemérides atualizadas.
- Mensagens de efemérides GLONASS: Da mesma forma, as mensagens de efemérides GLONASS fornecem registros dos satélites GLONASS utilizados pela estação base, permitindo o posicionamento RTK com base nas informações de efemérides atualizadas para o sistema GLONASS.
- Mensagem textual: Essa mensagem permite a transmissão eficiente de informações textuais padronizadas, fornecendo uma forma de comunicação adicional entre a estação base e o receptor móvel.
- Mensagens proprietárias: O padrão RTCM 3.1 também inclui um conjunto de mensagens proprietárias, que podem ser utilizadas pelos fabricantes de receptores para implementar recursos específicos de seus dispositivos.

No Anexo B estão apresentados os principais tipos de mensagem RTCM da versão 3.1.

3.5.4 RTCM versão 3.2

O RTCM 3.2 trouxe várias melhorias e recursos adicionais para o formato de mensagem RTCM, incluindo (RTCM, 2013):

- Efemérides expandidas: As informações de efemérides foram aprimoradas na versão RTCM 3.2, fornecendo atualizações de órbita mais precisas e permitindo um posicionamento mais preciso para os sistemas GPS, GLONASS, Galileo, QZSS e BDS.
- *Multiple Signal Messages* (MSM): A versão 3.2 introduziu o conceito de mensagens MSM, que transmitem informações essenciais de forma mais geral. Isso torna a codificação e decodificação mais convenientes e flexíveis, além de fornecer melhor escalabilidade para diferentes tipos de sinais e constelações.
- Informações de polarização GLONASS: O RTCM 3.2 adicionou informações importantes sobre polarização GLONASS. Essas informações são especialmente relevantes para fabricantes de receptores GNSS que oferecem suporte ao sistema GLONASS, pois ajudam na modelagem e correção de ambiguidade. A polarização GLONASS é relevante porque o sistema GLONASS utiliza multiplexação por divisão de frequência (FDMA) para distinguir cada sinal de satélite, o que difere da multiplexação por divisão de código (CDMA) usada pelo GPS. Isso resulta em uma diferença de frequência que precisa ser considerada para um correto processamento dos sinais GLONASS.

3.6 RTK EM REDE

Para superar as limitações do RTK, foi desenvolvido o conceito de RTK em rede. Nesse método, uma rede de estações de referência é estabelecida, e essas estações calculam e transmitem correções diferenciais para a fase e pseudodistância para os receptores móveis (Figura 6). Dessa forma, os usuários podem utilizar as correções provenientes de várias estações de referência, o que melhora significativamente a qualidade do posicionamento, mesmo em linhas de base maiores.

Figura 6 - Funcionamento do sistema RTK em rede



Fonte: Adaptado de SILVA, MONICO e ALVES (2016)

O RTK em rede permite que os receptores móveis recebam correções diferenciais de múltiplas estações de referência, proporcionando uma melhor mitigação dos erros atmosféricos e orbitais. Isso resulta em um posicionamento mais preciso e confiável, mesmo em condições desafiadoras.

A utilização de um número maior de estações de referência permite realizar a combinação das observações por meio de modelagem, e assim tratar os erros atmosféricos dentro da área de abrangência da rede. Essa modelagem dos erros facilita a solução correta das ambiguidades da fase da onda portadora, condição indispensável para obtenção da acurácia a nível centimétrico no posicionamento (Barbosa et al., 2010).

Todas as técnicas baseadas em múltiplas estações de referência necessitam do conhecimento prévio das ambiguidades das duplas diferenças entre as estações de referência da rede (Fotopoulos, 2000). Após solucionar as ambiguidades, as correções de rede na forma de correções FKP e/ou os dados da Estação de Referência Virtual (VRS) podem ser gerados e então fornecidos aos usuários para melhorar a acurácia do posicionamento.

As características básicas do RTK em rede são:

maior número de estações utilizadas como referência, podendo variar de três a dezenas de estações; possibilidade de realizar o controle de qualidade;

- as distâncias entre as estações de referência podem ser muito maiores, aproximadamente 70 km, se comparado ao RTK; a área de abrangência é muito maior para o usuário atuar; a área é totalmente coberta na região de abrangência da rede (Alves, 2008).

Diversos países ao redor do mundo já implementaram redes de estações de referência para disponibilizar o posicionamento RTK em larga escala. Soluções RTK em rede são desenvolvidas e disponibilizadas tanto pela iniciativa privada, como pelos próprios governos.

A seguir serão apresentadas algumas redes nacionais ativas RTK em rede: *Canadian Active Control System* (CACS) do Canadá, *National Geodetic Survey* (NGS) dos Estados Unidos, *Satellite Positioning Service of the German State Survey* (SAPOS) da Alemanha, *GNSS Earth Observation Network System* (GEONET) do Japão, *Turkiye Ulusal Sabit GNSS Aktif* (TUSAGA-AKTIF) da Turquia, e a rede portuguesa Rede Nacional de Posicionamento Permanente (ReNEP). E também algumas redes ativas RTK de empresas privadas HXGN SmartNET da empresa *Leica Geosystem Survey*, a rede TOPNET Live da empresa Topcon, a Trimble VRS Now da empresa Trimble e a CPENET da empresa CPE. A principal rede RTK brasileira é a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em Tempo Real (RBMC-IP) fornecida pelo IBGE que será apresentada na sessão 3.7.4.

3.6.1 Geração de correções diferenciais do RTK em Rede

No posicionamento RTK tradicional em que é adotado uma única base, a correção da pseudodistância e a correção da fase da portadora contêm o desvio dos relógios da base e as correções da fase da portadora contêm também a ambiguidade de fase entre as estações de base e os satélites.

Nas correções RTK em rede, o nível comum de ambiguidade de fase da rede e o erro do relógio na transmissão são considerados conhecidos, com isso, é possível deslocá-los para o lado esquerdo da equação. Portanto, são consideradas as equações gerais das correções diferenciais da rede (Cina, 2014).

A equação (6) da pseudodistância pode ser da seguinte forma:

$$PRC^j(t) = \rho_A^j(t) - R_A^j(t) - c\delta^j(t) - c\delta_A(t) = I_A^j(t) - T_A^j(t) - E_A^j(t) \quad (6)$$

A equação (7) da fase da onda portadora pode ser da seguinte forma:

$$CPC(t) = \rho_A^j(t) - \lambda\phi_A^j(t) - \lambda N_A^j(t) - c\delta^j(t) - c\delta_A(t) = -I_A^j(t) - T_A^j(t) - E_A^j(t) \quad (7)$$

Onde:

$\rho_A^j(t) = \sqrt{(X_A - X^j)^2 + (Y_A - Y^j)^2 + (Z_A - Z^j)^2}$: distância geométrica calculada com as coordenadas conhecidas da base e do *rover*;

$\lambda\phi_A^j(t)$: dados da fase da portadora multiplicados pelo comprimento de onda;

λN : ambiguidade de fase multiplicada pelo comprimento de onda, fixada abaixo do centro de controle;

$c\delta^j(t)$: erro do relógio do satélite;

$c\delta_A(t)$: erro do relógio do *rover*, estimados para todas as bases pelo centro de controle;

$I_A^j(t)$: erro ionosférico;

$T_A^j(t)$: erro troposférico;

$E_A^j(t)$: erro de efemérides.

É necessário que o *software* da rede comece estimando as ambiguidades e os erros do relógio inteiro em cada estação, a fim de colocar as correções diferenciais no mesmo nível de ambiguidade e de tempo (Landu, 2002).

A função do *software* de rede é fazer uma separação dos desvios na estimativa dos atrasos troposféricos e ionosféricos para criar um modelo de mudança, para interpolar a posição do *rover*.

O *rover* deve, por conseguinte, determinar o seu erro de relógio e a ambiguidade de fase e não o valor combinado entre a base e o *rover*. As correções podem então ser derivadas das equações 6 e 7, dados os valores conhecidos do relógio de polarização e da ambiguidade de fase (Equação 8), tal como para a pseudodistância (Equação 9):

$$R_B^j(t)_{corr} = R_B^j(t) + PRC(t) = \rho_B^j(t) - c\delta_{AB}(t) - \Delta E_{AB}^j(t) - \Delta I_{AB}^j(t) - \Delta T_{AB}^j(t) \quad (8)$$

$$\lambda\phi_B^j(t)_{corr} = \rho_B^j(t) + CPC(t) = \rho_B^j(t) - c\delta_{AB}(t) - \lambda N_{AB}^j(t) - \Delta I_{AB}^j(t) - \Delta T_{AB}^j(t) + \Delta E_{AB}^j(t) \quad (9)$$

A manipulação das observações não altera a medição da fase da portadora e a polarização (influência) da ionosfera e da troposfera é alterada apenas como um número inteiro. O *rover* utiliza essas observações com o mesmo nível de ambiguidade e erro e as correções do relógio conterão apenas o viés (influência) espacialmente correlacionado e já não dependem de uma única estação ou de diferentes níveis de ambiguidade.

Isolado a influência de todos os efeitos dependentes do local de medição, estes devem ser separados na sua componente dispersiva (ionosfera) e não dispersiva (troposfera e efemérides). Tendo natureza diferente devem ser modelados separadamente.

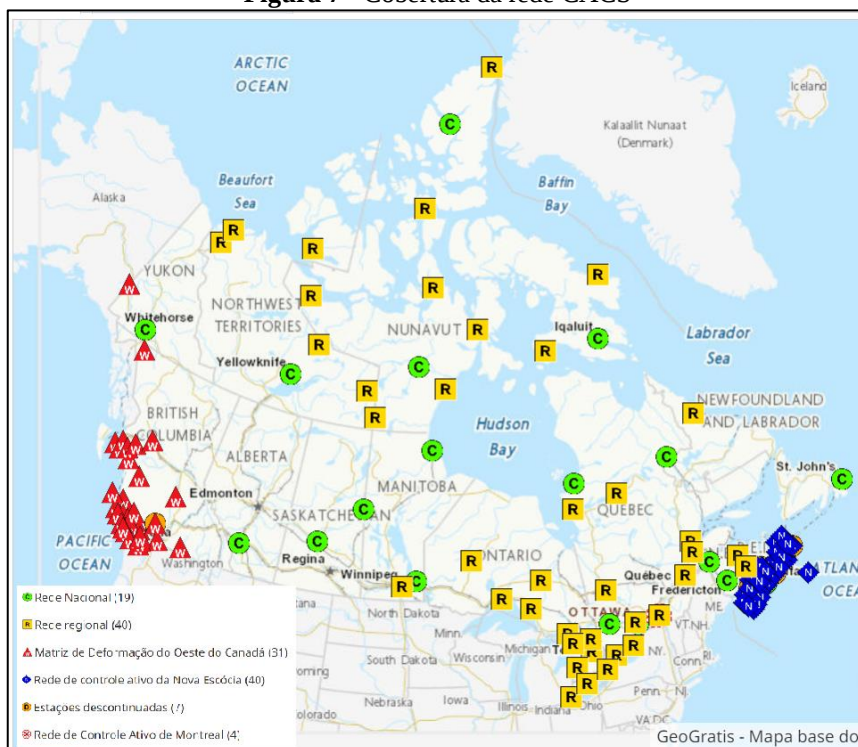
O cálculo da rede pelo centro de controle deve ser feito em tempo real, para fornecer ao utilizador uma correção diferencial em qualquer momento. As abordagens computacionais são diferentes e estão relacionadas com as várias empresas que produzem este tipo de *software*. Podem basear-se em observações brutas ou nas suas diferenças e podem explorar menos combinações de observações (Wübbena, 2001).

3.6.2 CACS

O CACS consiste em estações GNSS de seguimento contínuo, designadas por pontos de controle ativos (Figura 7). São equipadas por um receptor GNSS de alta precisão, de dupla frequência. Algumas estações também são equipadas com sensores meteorológicos que medem pressão atmosférica, temperatura e umidade.

O acesso aos dados da estação CACS, são fornecidos por meio do site oficial Governo do Canadá. Neste *site* os usuários podem baixar as descrições das estações e os dados arquivados em intervalos de 1 ou 30 segundos.

Figura 7 - Cobertura da rede CACS



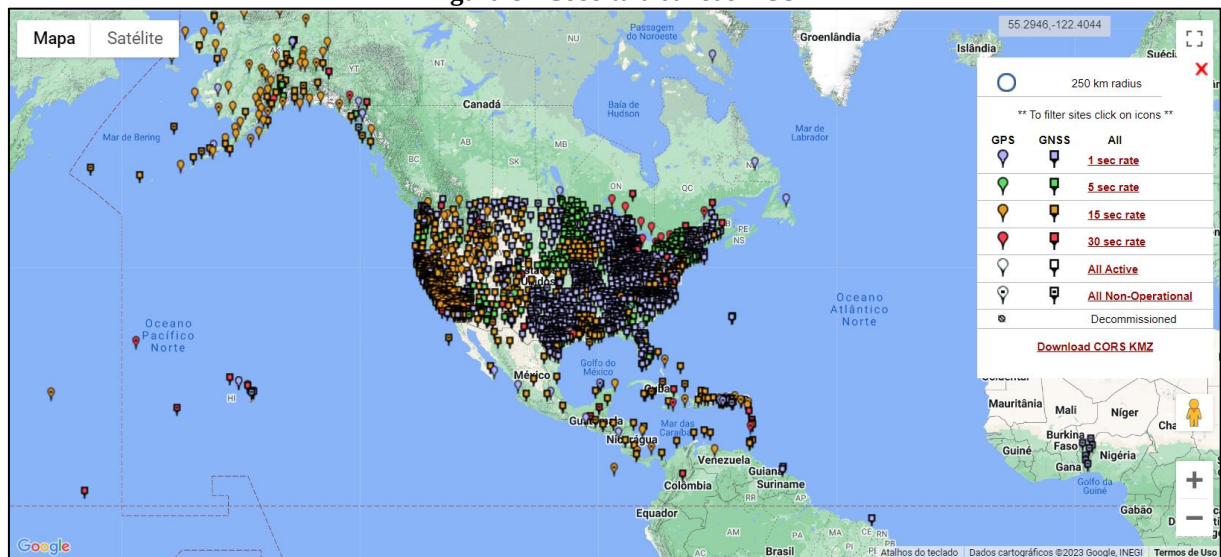
Fonte: GOVERNMENT OF CANADA (2023)

3.6.3 NGS

O *National Geodetic Survey* (NGS) da *National Oceanic And Atmospheric Administration* - NOAA fornece a estrutura para todas as atividades de posicionamento norte-americanos.

O NGS fornece dados GNSS, apoiando o posicionamento tridimensional, a meteorologia, o clima espacial e as aplicações geofísicas em todos os Estados Unidos (Figura 8). É possível receber dados as descrições das estações e os dados arquivados em intervalos de 1, 5, 15 e 30 segundos.

Figura 8 - Cobertura da rede NGS



Fonte: NATIONAL GEODETIC SURVEY (2023)

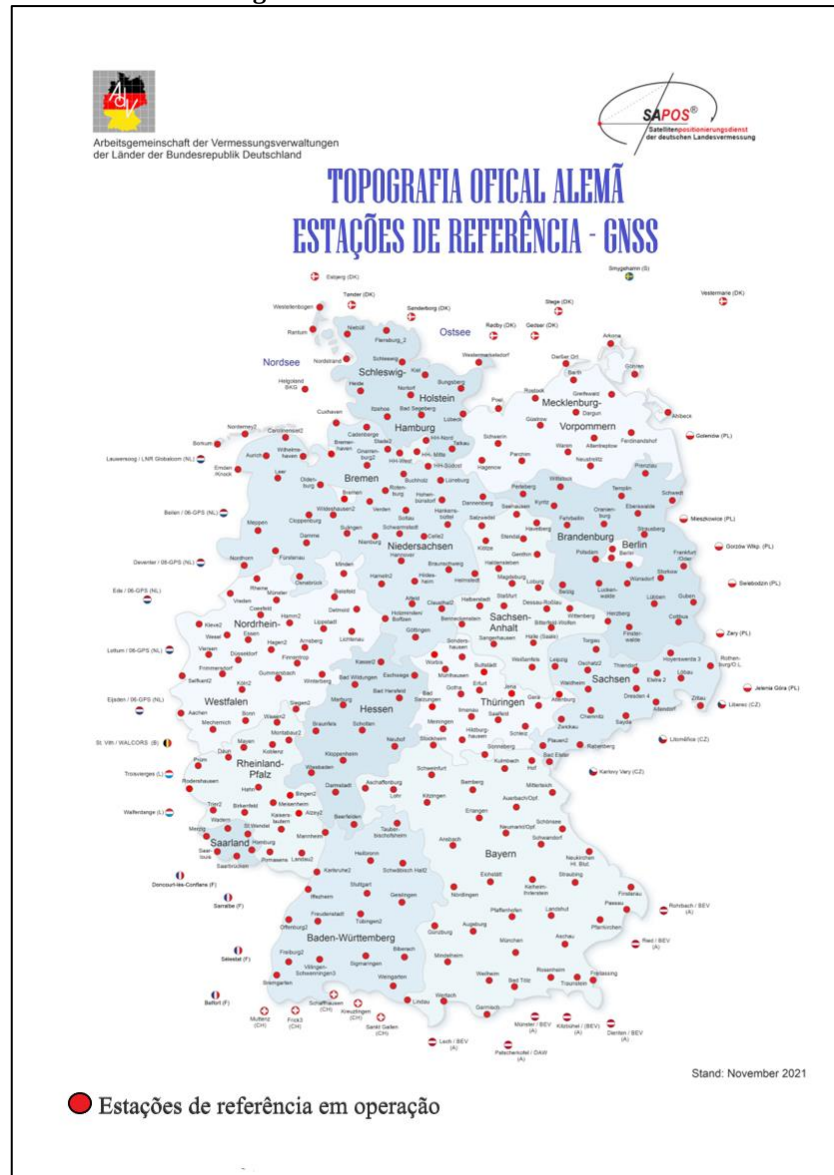
3.6.4 SAPOS

A rede *Satellitenpositionierungsdienst der Deutschen Landesvermessung* - SAPOS (Serviço de Posicionamento por Satélite da Pesquisa Nacional Alemã) fornece a referência espacial geodésica oficial na forma de uma rede de estações de referência GNSS em toda a Alemanha.

A base do serviço SAPOS é uma rede de cerca de 270 estações de referência GNSS permanentemente operadas nos estados federais, bem como outras estações de referência nos estados vizinhos da República Federal (Figura 9). Os valores de correção do SAPOS estão disponíveis para o usuário em tempo real e para pós-processamento. Esse serviço está amplamente disponível com alta confiabilidade e compreende três áreas de serviço com diferentes propriedades e precisões:

- SAPOS - EPS serviço de posicionamento em tempo real;
- SAPOS - HEPS serviço de posicionamento em tempo real de alta precisão;
- SAPOS - GPPS serviço de posicionamento geodésico pós-processamento.

Figura 9 - Cobertura da rede SAPOS



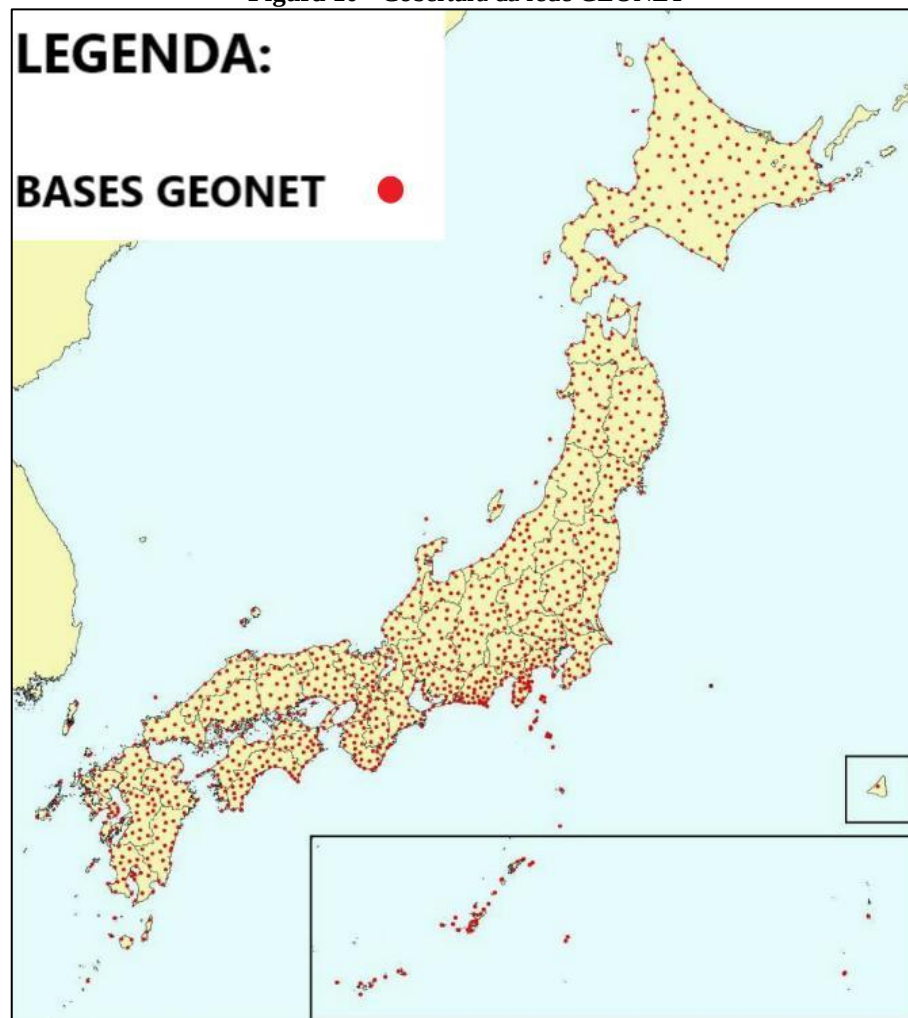
Fonte: SAPOS (2023)

3.6.5 GEONET

A GNSS Earth Observation Network System (GEONET) foi criada pela *Geospatial Information Authority of Japan - GSI*, que estabeleceu mais de 1.300 Estações de Referência de Operação Contínua GNSS (GNSS CORSSs) no Japão (Figura 10). Esta rede de estações de referência é responsável por monitorar diariamente o movimento da terra no território japonês.

Os dados de observação obtidos são disponibilizados para trabalhos de levantamento reais e para estudos de sismos e atividades vulcânicas. Os dados de observação recolhidos em cada estação estão abertos a utilizações públicas e privadas no Japão, e os dados RINEX com intervalos de 30 segundos são fornecidos na *Internet*.

Figura 10 - Cobertura da rede GEONET



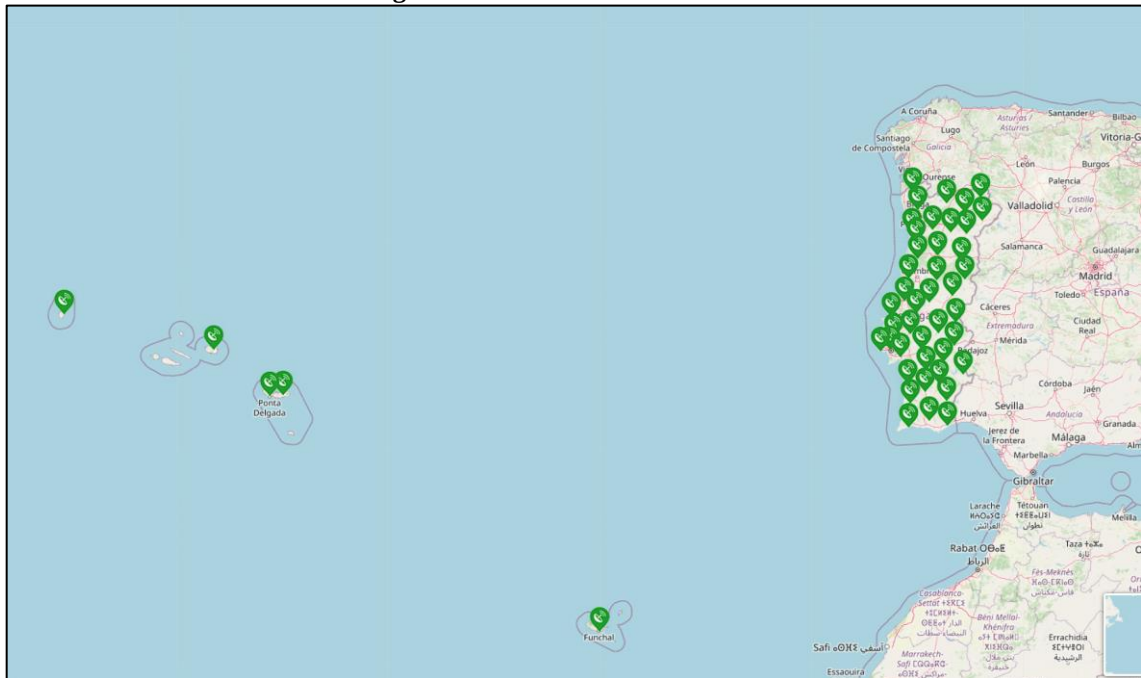
Fonte: GSI (2023)

3.6.6 TUSAGA-Aktif

A TUSAGA-Aktif é uma rede GNSS geodésica cinemática em tempo real na Turquia, criada para fornecer infraestrutura para pesquisas estratégicas em áreas como atmosfera, meteorologia, terremoto, alerta precoce e posicionamento preciso, entre outras.

Essa rede consiste em de 147 estações de referência em operação contínua, conforme mostrado na Figura 11. As estações de controle principal e auxiliar da TUSAGA-Aktif estão localizadas em Ancara, a capital da República Turca

Figura 12 - Cobertura da rede ReNEP



Fonte: Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS (2023)

3.6.8 HxGN SmartNet

O HxGN *SmartNet* é um serviço de correção do GNSS é disponibilizado pela empresa *Leica Geosystems Surveying*. É composto por três tecnologias principais: Rede RTK, ponte RTK e posicionamento por ponto preciso (PPP) (Figura 13). O serviço de correção do GNSS conta com mais de 4.000 estações de referência (Figura 14). O HxGN *SmartNet* transforma as estações de referência em serviços de correção, incluindo RTK em Rede para correções em tempo real em qualquer dispositivo GNSS e Dados RINEX para pós-processamento.

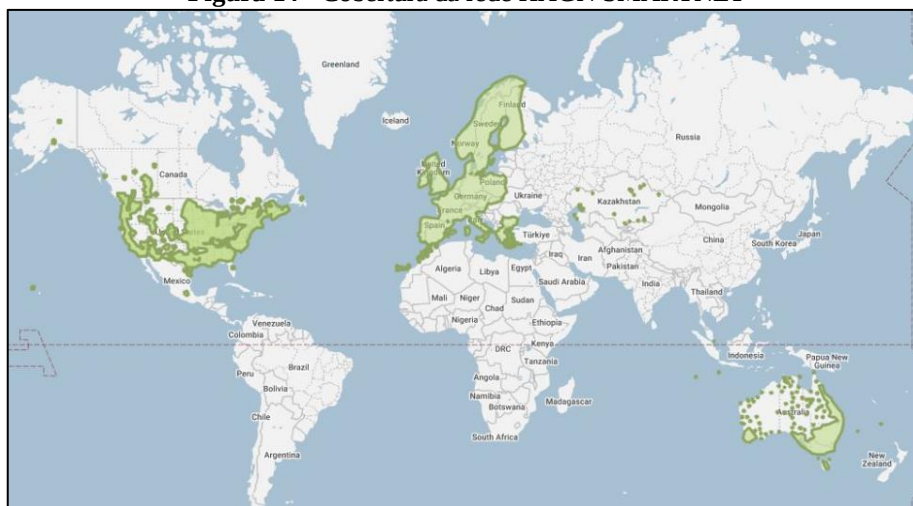
O conjunto de serviços HxGN *SmartNet* Global oferece rede RTK com pontes RTK e serviços de posicionamento por ponto preciso que funcionam exclusivamente com as antenas exclusivas da marca, fornecendo assim alta precisão, simplificando a solução total e garantindo que a cobertura do HxGN *SmartNet* em qualquer lugar.

Figura 13 - Serviços HXGN SMARTNET



Fonte: HEXAGON (2023)

Figura 14 - Cobertura da rede HXGN SMARTNET



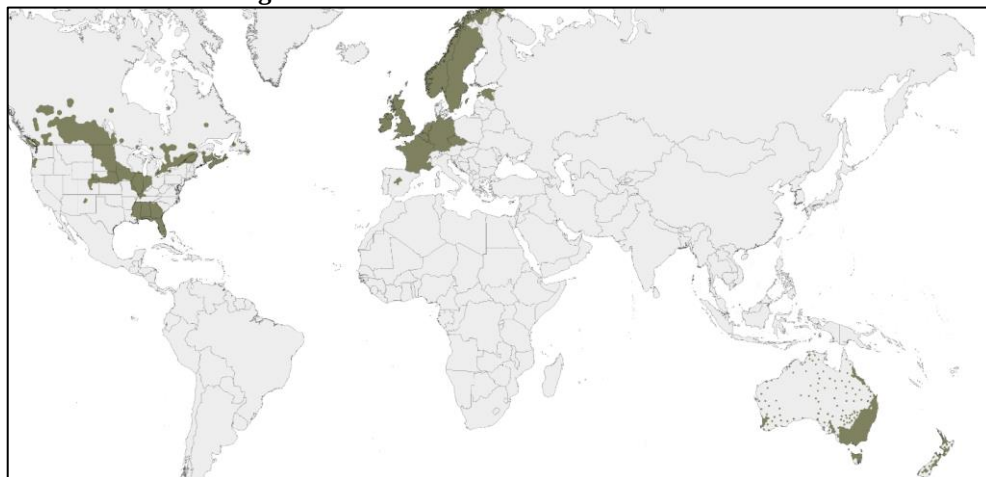
Fonte: HEXAGON (2023)

3.6.9 Trimble VRS NOW

O *Trimble VRS Now* é um serviço de correção GNSS em tempo real, desenvolvido pela *Trimble*, que oferece acesso instantâneo aos serviços de correção RTK usando uma rede de estações de referência permanentes e em operação contínua. Além disso permite manter a conexão de rede estável com o *Trimble xFill* caso a conectividade seja perdida. Essa tecnologia fornece acesso instantâneo a correções cinemáticas em tempo real (RTK) usando uma rede CORS e *software* proprietário PIVOT.

As redes Trimble VRS estão acessíveis em áreas nos EUA e Canadá, bem como no leste da Austrália, França, Bélgica, República Tcheca, Estônia, Alemanha, Grã-Bretanha, Irlanda, Luxemburgo, Holanda, Suécia e Nova Zelândia (Figura 15).

Figura 15 - Cobertura da rede Trimble VRS Now



Fonte: TRIMBLE (2023).

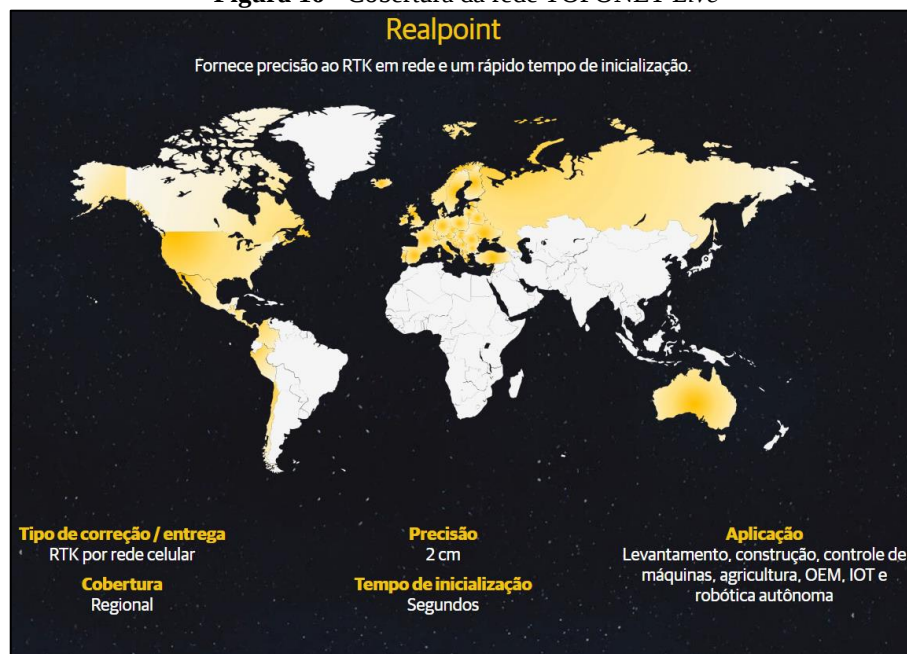
3.6.10 TOPNET live

O *Topnet Live* é um serviço de correção GNSS em tempo real que fornece dados para receptores GNSS em todo o mundo disponibilizado pela empresa TOPCON (Figura 16).

O serviço de correção *Topnet Live* é transmitido aos receptores dos clientes de duas maneiras:

- NTRIP: a internet, geralmente usando um link de dados do cartão SIM de um telefone celular
- L-Band: transmissão direta de um satélite

Figura 16 - Cobertura da rede TOPONET *Live*

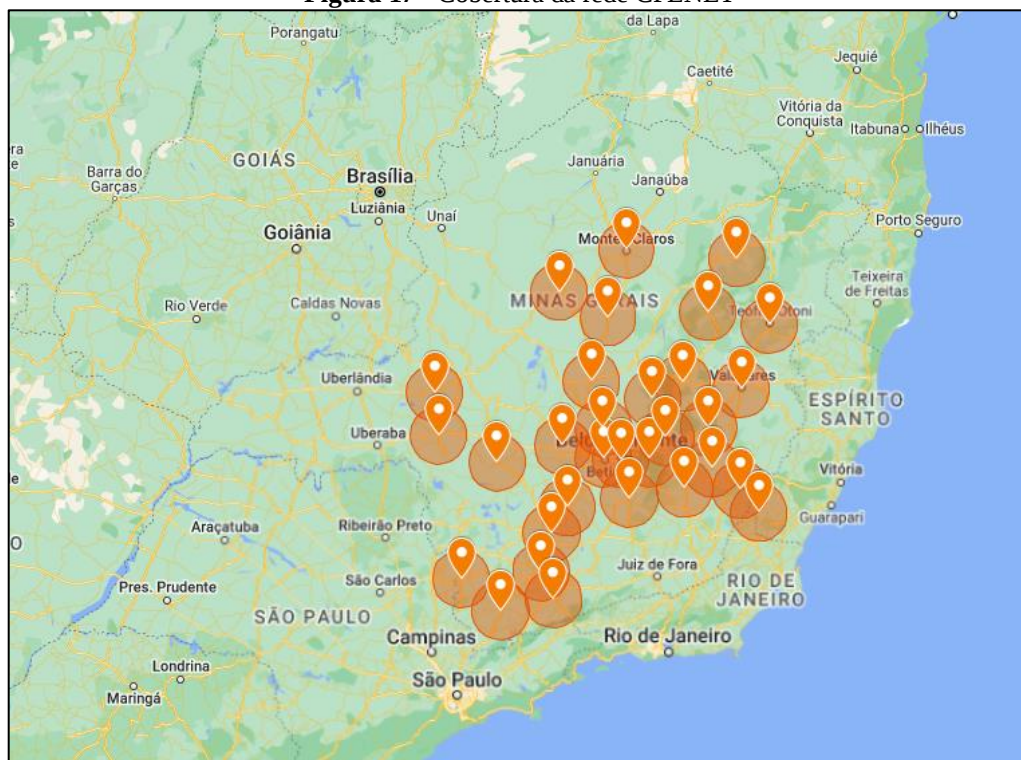


Fonte: TOPCON (2023)

3.6.11 CPENET

O CPENET é um conjunto de 30 estações geodésicas, equipadas com receptores e antenas GNSS, permanentemente instalados e operacionais, desenvolvido pela empresa brasileira CPE (Figura 17). A rede tem por objetivo auxiliar os usuários da tecnologia GNSS nos levantamentos geodésicos, pelo método de posicionamento relativo nas técnicas RTK GSM/NTRIP e pós-processado. Essa solução oferece disponibilidade de plano semanal, mensal ou anual, conforme a necessidade.

Figura 17 - Cobertura da rede CPENET



Fonte: CPE Tecnologia (2023)

3.7 NTRIP

Com o objetivo de transmitir via *internet* o formato RTCM um novo protocolo denominado NTRIP foi desenvolvido pela Agência de Cartografia e Geodésia alemã, no contexto do Projeto Piloto EUREF-IP (*European Real-Time GNSS Pilot Project*).

O EUREF-IP tem por objetivo a disponibilização dos dados GNSS da rede de referência europeia, a EUREF, em tempo real e com isso a estimativa de produtos, tais como órbitas, erro dos relógios, parâmetros ionosféricos e troposféricos a nível regional, os quais vêm a beneficiar o posicionamento para os usuários de GNSS. (Weber et al, 2005). O NTRIP foi desenhado de

forma a distribuir dados GNSS continuamente a um receptor estático ou móvel via *internet*, inclusive a *wireless* (Figura 18).

As principais características do NTRIP, conforme descrito por Chen e Weber (2004), são:

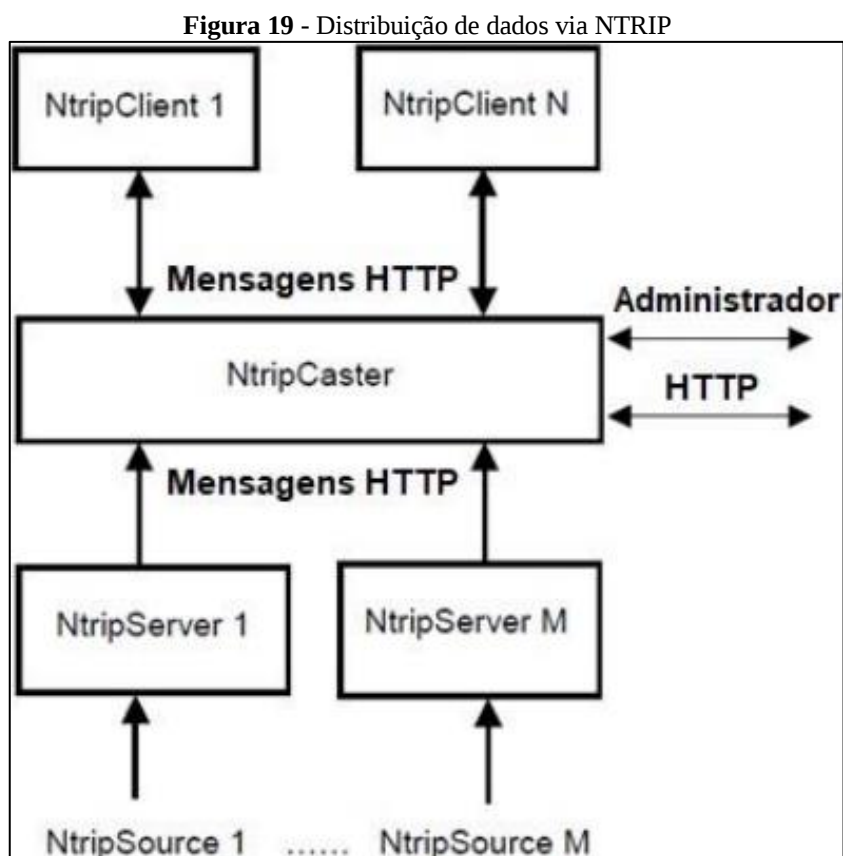
- Utilização do protocolo HTTP;
- Têm disponibilidade de distribuir qualquer tipo de dados GNSS em fluxo;
- É adequado para suportar o uso de vários clientes;
- O acesso aos dados é seguro, visto que os provedores de informações e os usuários não necessariamente entram em contato, ou seja, não há risco de um usuário invadir o sistema e comprometer o funcionamento do serviço. Além disso, a transmissão de dados via HTTP não sofre bloqueio por *firewalls* ou servidores de *proxy* que protegem as redes de uma área local;
- Permite a transmissão por qualquer linha fixa ou rede *Internet Protocol* (IP) móvel, devido ao uso de conexão TCP/IP.
- A largura de banda necessária para disseminar as correções GNSS é relativamente pequena. Aproximadamente 0,5 Kb/s para DGPS e 5Kb/s para RTK.

Figura 18 - Representação do posicionamento RTK via NTRIP



Fonte: Giovaninni (2014).

Para Lenz (2004) não há desvantagens explícitas na utilização do protocolo NTRIP como uma alternativa aos métodos mais tradicionalmente aceitos de obtenção de correções em tempo real. O NTRIP é composto por três componentes: o NTRIP *server*, o NTRIP *caster* e o NTRIP *client*, os quais terão as suas funcionalidades apresentadas nas próximas seções (Figura 19).



Fonte: WEBER (2005).

O NTRIP *server* é o aplicativo que cria um canal de transferência de dados entre o receptor GNSS instalado na estação de referência e o NTRIP *caster*.

O NTRIP *caster* é o distribuidor dos dados RTCM pela Internet para os usuários. Ele é um aplicativo que preferencialmente deve ficar instalado em um servidor do Centro de Controle de dados de uma Rede de Referência. Neste *caster* convergem várias estações de referência e cada uma delas tem um nome identificador denominado de *mountpoint*.

No *caster* existe uma tabela (*sourcetable*) com todos os *mountpoints* que chegam nele e as suas respectivas configurações e informações. A responsabilidade do *caster* além da distribuição das correções GNSS é verificar a qualidade e integridade dos dados recebidos e a

autenticação dos usuários através de login e senha de acesso. Os dados transmitidos por *caster* são os mesmos que seriam transmitidos por conexão de rádio convencional, ou seja, este protocolo de transmissão via *internet* não altera os dados.

O NTRIP *client* é o aplicativo responsável por conectar o usuário ao NTRIP *caster*, assim obtendo acesso ao fluxo de dados como as correções GNSS. Para que o usuário possa acessar os dados em tempo real utilizando o NTRIP *client* é necessário que o mesmo tenha a acesso à internet em campo. Com uma conexão Internet, o usuário se conecta ao servidor e escolhe a(s) estação(ões) cujos dados ou correções diferenciais deseja receber. As correções são recebidas pelo receptor GNSS do usuário através de uma porta serial padrão e desta forma pode-se estimar as posições com melhor precisão em tempo real.

3.8 REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DOS SISTEMAS GNSS EM TEMPO REAL

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em tempo real é uma iniciativa do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do IBGE. A RBMC-IP é um serviço para posicionamento em tempo real a partir das estações da RBMC, para usuários que fazem uso da técnica RTK ou DGPS nos seus levantamentos. (IBGE, 2023)

A rede RBMC-IP é composta por estações de referência GNSS equipadas com receptores de alta precisão, que rastreiam sinais de satélites de diferentes constelações, como GPS, GLONASS, Galileo e Beidou. Essas estações de referência coletam dados GNSS precisos e contínuos, permitindo a determinação de coordenadas geográficas com alta precisão em um determinado ponto. (Figura 20) (IBGE, 2015).

A transmissão dos dados ocorre da seguinte forma: um receptor GNSS envia continuamente mensagens RTCM para um servidor *caster* localizado no IBGE. O usuário, por sua vez, utilizando um aplicativo *client*, como GNSS Internet Radio ou BNC (BKG NTRIP Client), e com conexão à Internet, conecta-se ao servidor do IBGE e seleciona a(s) estação(ões) da RBMC-IP das quais deseja receber dados ou correções diferenciais. As correções são recebidas pelo receptor GNSS do usuário na porta serial padrão, possibilitando a obtenção das posições corrigidas. Atualmente, o servidor *caster* do IBGE recebe dados de 136 estações da RBMC (IBGE, 2023).

O servidor *caster* do IBGE pode ser acessado pelo endereço IP 170.84.40.52 e opera na porta 2101. O acesso é gratuito, entretanto o usuário precisa preencher o cadastro e se registrar

Segundo Mikhail e Ackermann (1976) *apud* Monico et al. (2009), acurácia pode ser entendida como sendo o grau de proximidade de uma estimativa com seu parâmetro (ou valor verdadeiro), enquanto precisão expressa o grau de consistência da grandeza medida com sua média. Esses autores acrescentam que acurácia reflete a proximidade de uma grandeza estatística ao valor do parâmetro para o qual ela foi estimada e que precisão está diretamente ligada com a dispersão da distribuição das observações. Acrescentam que na precisão se consideram apenas efeitos aleatórios, enquanto a acurácia inclui não só os efeitos aleatórios, mas também os sistemáticos

Mikhail e Ackermann (1976) *apud* Monico et al (2009) apresentam uma medida de acurácia proposta por Gauss, denominada erro médio quadrático (EMQ) dado pela Equação 10:

$$EMQ = \sigma^2 + \beta^2 \quad (10)$$

Onde:

- EMQ: erro médio quadrático;
- σ^2 : variância populacional;
- β^2 : erro sistemático (bias).

De acordo com Monico et al. (2009), na ausência de uma referência para avaliar a tendência, situação comum na maioria das aplicações, a única alternativa que existe é a utilização do valor da precisão como um indicativo da acurácia, o que não significa que a tendência seja nula, mas apenas que ela é desconhecida.

3.10 ESTADO DA ARTE

Costa et al. (2008), realizam testes em onze estações da Rede Geodésica Brasileira, com a finalidade de mostrar a confiabilidade do NTRIP em diferentes distâncias. Com este objetivo, foram ocupadas 11 estações GPS existentes no estado do Rio de Janeiro e como referência foram utilizadas as estações RBMC.

Para realizar a avaliação da acurácia e precisão obtida, os resultados obtidos foram comparados com os resultados que estão no Banco de Dados Geodésicos, da Rede Geodésica Brasileira. Naquela ocasião foi utilizado um laptop com modem 3G, no qual foram instalados os programas: Internet Radio-NTRIP *client* para o recebimento das correções e uma unidade de controle de *display*, para acompanhamento dos resultados e soluções obtidas em tempo real, considerando que no receptor utilizado não havia modem embutido (GSM). Observou-se que

em distâncias de até 50 km entre a base e o *rover*, as ambiguidades foram resolvidas proporcionando soluções inteiras, com precisões horizontal e vertical inferiores a 3 cm e 5 cm respectivamente. A acurácia nestes casos pode chegar a 6 cm e 17 cm nas componentes horizontal e vertical respectivamente.

Moreira (2011) avaliou a precisão da tecnologia RTK via NTRIP, utilizando a rede RBMC-IP do IBGE, para diferentes comprimentos de linha de base. Para o estudo foram utilizadas as coordenadas tridimensionais de 10 marcos localizadas em três municípios do estado do Rio Grande do Sul, rastreadas pelo método relativo estático pós-processado o qual serviu de referência para a comparação do método NTRIP. O estudo mostrou que para linhas de base até 54 km, o posicionamento RTK via NTRIP obteve valores de precisão e acurácia próximos aos obtidos no posicionamento estático, com a diferença nas componentes horizontal e vertical não ultrapassando 0,041 m e 0,083 m, respectivamente. Para a linha de base igual a 120 km, o posicionamento NTRIP não obteve um resultado satisfatório, porque o tipo de solução alcançado foi *float*, no que resultou na diferença na componente horizontal de 0,395 m.

No estudo realizado por Souza et al. (2014), foram comparados três métodos de posicionamento: PPP cinemático em tempo real utilizando o *software* BNC V.2.6 do BKG, o método RTK via NTRIP utilizando a rede RBMC-IP do IBGE e o posicionamento relativo cinemático pós-processado. O levantamento foi conduzido com um receptor GNSS *Hiper Lite+*, em trajetórias cinemáticas, permanecendo nos pontos de referência por aproximadamente 2 minutos. Ao final do estudo, foram obtidos os resultados das precisões médias para cada tipo de levantamento, que foram os seguintes: pós-processamento relativo (0,039 m), PPP em tempo real BKG (0,465 m) e RTK/NTRIP (1,235 m).

Vicente *et al.* (2016) analisaram a qualidade do método RTK via NTRIP para serviços de locação em função do comprimento da linha de base. Para isto, foram obtidas coordenadas pelo método relativo estático e utilizou-se destas coordenadas como referência para simulação de locação. A área de estudo partiu da estação pertencente à RBMC-IP na cidade de Viçosa (VICO), e a cada 1000 metros (m) foram sendo definidos os locais apropriados para a implantação dos marcos. Foi utilizado um receptor GNSS de dupla frequência (L1/L2) modelo JAVAD TRIUMPH-1. O processo de locação utilizando a tecnologia NTRIP foi considerado eficiente para linha de base até a distância de 8.400 m, fornecendo discrepâncias de, no máximo, 3 cm.

Silva *et al.* (2017) avaliou o posicionamento RTK, utilizando a estação GOGY da RBMC-IP com base e diferentes distâncias para a estação móvel, tomando como link da comunicação o protocolo NTRIP. Para realizar a avaliação foram coletados dados de pontos

em intervalos de 10 km. Pode-se verificar que, comparado a um levantamento relativo estático, o levantamento RTK proporcionou resultados compatíveis para distâncias de até 20 km da estação base. Para distâncias de até 30 km as discrepâncias entre os levantamentos foram inferiores a 10 cm. A discrepância máxima ocorreu a cerca de 60 km, chegando a 29,1 cm em planimetria e 26,6 cm em altimetria.

Moreira e Krueger (2020) avaliaram a acurácia e precisão do método de posicionamento RTK via NTRIP para a determinação de desníveis. A área de pesquisa localizou-se na Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), em Niterói/RJ. Para tal, foi materializada uma linha de nivelamento composta de oito piquetes, com extensão de aproximadamente 12 m e com um desnível da ordem de 7 m. As coordenadas geodésicas destes 8 piquetes, que compõem o perfil do terreno em estudo, foram obtidas por meio de um posicionamento relativo estático rápido com um tempo de ocupação de aproximadamente 5 minutos. Na análise dos erros altimétricos, a precisão e acurácia foram de 0,0869 mm e 0,1476 mm, respectivamente.

Konzen (2022) comparou os resultados da técnica de levantamento em tempo real RTK via NTRIP com outros métodos que exigem pós-processamento dos dados, como o método relativo estático e o método absoluto com uso do serviço PPP-IBGE. Para esse propósito, foi realizado um levantamento em um marco localizado na parte interna do Campus da Universidade Federal de Santa Maria. O levantamento pelo método relativo estático foi realizado com um o receptor GNSS-RTK L1/L2 modelo GTR-G² que coletou dados durante 4 horas e estes foram ajustados por meio de dados dos marcos da RBMC. Na segunda parte foi realizado um levantamento pelo método RTK via NTRIP. E por fim, foi realizado um levantamento estático de três horas, para que estes dados fossem processamentos pelo método PPP disponibilizado pelo IBGE. Ao final das comparações foi analisado que as variações mínimas e máximas na componente N foi de 5 mm e 7 mm, e na componente E foi de 8 mm e 13 mm.

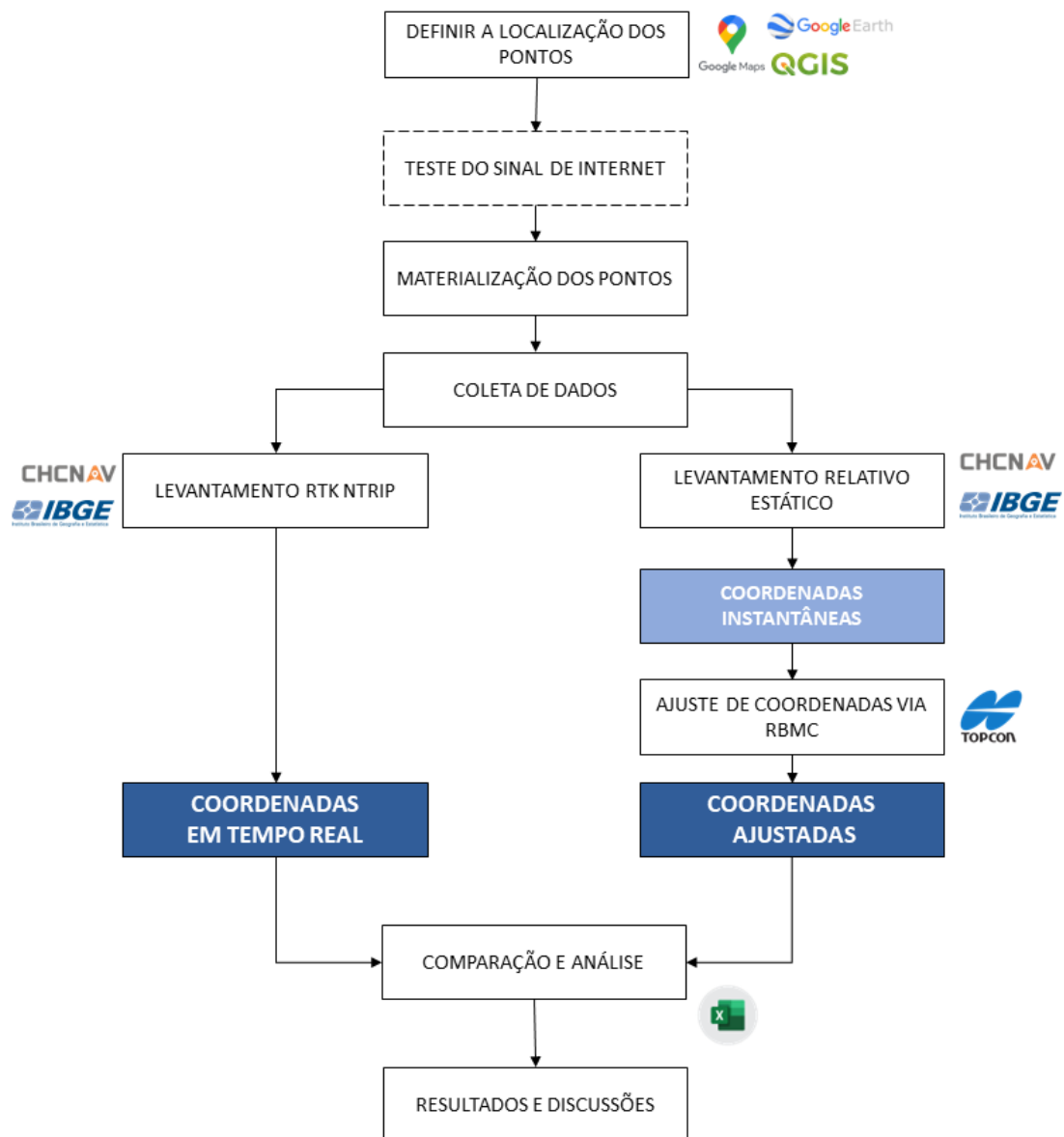
Limaico (2022) analisou os aspectos técnicos e econômicos dos equipamentos GPS e GNSS com correções diferenciais via NTRIP para cadastros na área urbana da cidade de Urququí - Equador. Os resultados obtidos concluíram que a tecnologia NTRIP acaba sendo mais viável economicamente que a técnica RTK UHF. Também foram realizados teste de alcance, precisão e acurácia. O RTK via rádio obteve alcance de no máximo sete quilômetros com erro médio quadrático de $\pm 0,15$ e $\pm 0,24$, enquanto o RTK via NTRIP obteve um alcance de 21 quilômetros e um erro médio quadrático de $\pm 0,009$ e $\pm 0,019$.

4. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos foram realizadas duas coletas de dados com métodos de levantamento distintos: posicionamento relativo estático e RTK com correções via NTRIP. Cada método de levantamento resultou em um conjunto de dados. Os dados oriundos do levantamento RTK via NTRIP foram obtidos em tempo real e durante o levantamento, fatores como o alcance das correções NTRIP e o tempo de convergência para a solução fixa também foram analisados.

As coordenadas advindas do levantamento relativo estático passaram por ajustes usando dados das estações GOGY, BRAZ e GOUR da RBMC por meio do *software Topcon Tools*. Por fim, foi feita uma análise dos conjuntos de dados, tomando o levantamento relativo estático como referência para a comparação com os dados RTK via NTRIP. Os resultados foram comparados em termos de precisão, cumprimento da linha de base e solução das ambiguidades. Os procedimentos metodológicos realizados para a execução do estudo são apresentados no fluxograma da Figura 21.

Figura 21 - Fluxograma Metodológico

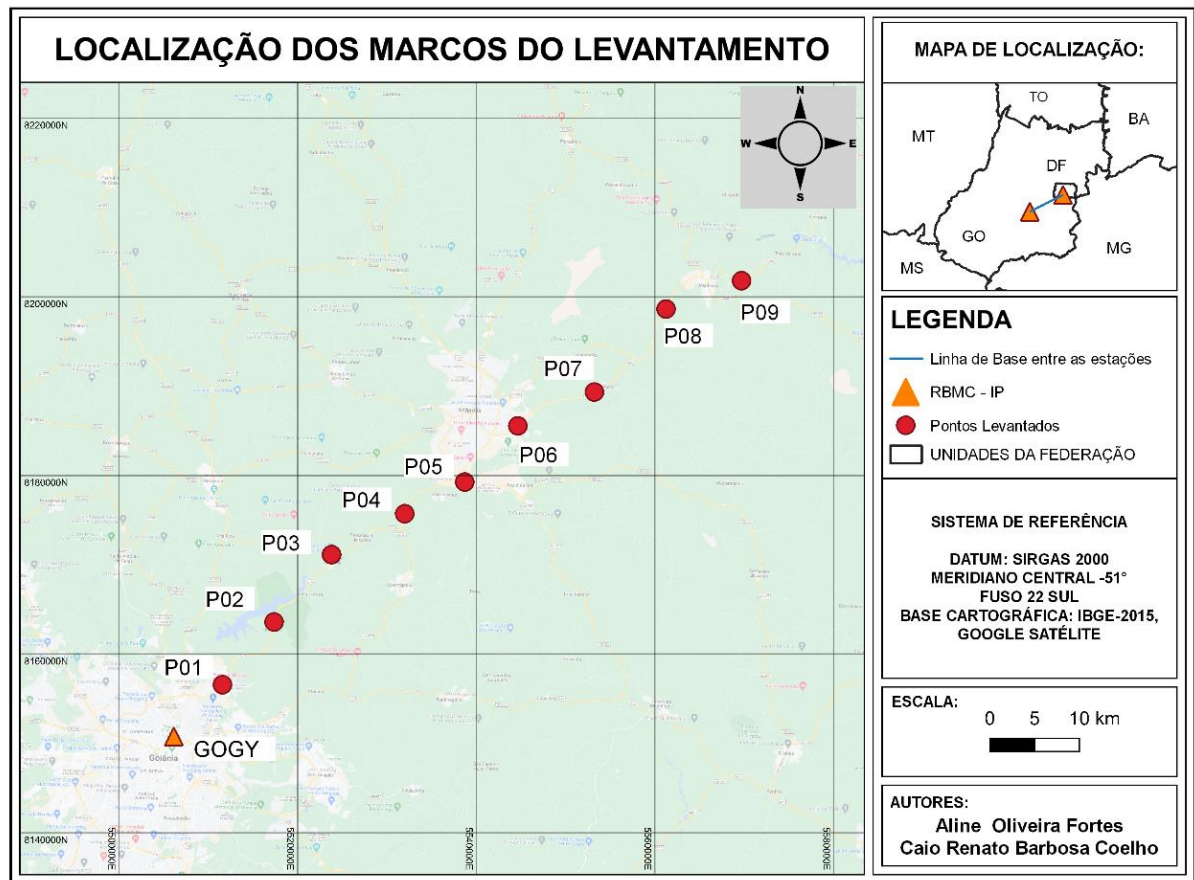


Fonte: Os Autores (2023)

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida se localiza entre as bases RBMC de Goiânia - GOGY e de Brasília – BRAZ, distantes por uma linha de base de cerca de 167 km. Foram coletados dados de pontos a cada 10 km aproximadamente, partindo do IFG/Câmpus Goiânia, seguindo pela BR-153, posteriormente pela BR-060 e finalizando no município de Abadiânia – GO. Na Figura 22 é possível verificar a posição dos 9 pontos levantados.

Figura 22 - Localização dos pontos levantados



Fonte: Os Autores (2023)

4.2 MATERIAIS

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes equipamentos:

- 01 receptor GNSS modelo i50 da marca CHCNAV;
- 01 coletora modelo HCE320 da marca CHCNAV;
- 01 tripé de alumínio;
- 01 bastão de fibra de carbono;
- 01 marreta de ferro;
- 01 celular com sistema operacional *ANDROID*;
- 05 piquetes de madeira;
- 04 marcos de aço galvanizado; e
- 09 estacas de madeira

O receptor GNSS modelo i50 da marca CHCNAV, apresentado na Figura 23, permite rastrear os sinais de GPS, GLONASS, Galileo e BeiDou, além de poder trabalhar pelo método

RTK via NTRIP. A acurácia do receptor em levantamentos pelo método estático, especificada pelo fabricante, é de 3 mm + 0,4 ppm na componente horizontal e 3,5 mm + 0,4 ppm na componente vertical. A acurácia do receptor em levantamentos pelo método RTK especificada pelo fabricante é de 8 mm + 1 ppm na componente horizontal e 15 mm + 1 ppm na componente vertical.

Figura 23 – GNSS i50



Fonte: Os Autores 2023

A coletora modelo HCE320 da marca CHCNAV, apresentada na Figura 24, possui um o *software* CHCNAV Landstar 7. Este *software* permite que o usuário realize a importação de arquivos de diversos formatos como KML e DXF e recursos como o Protocolo RTCM e conexão *wi-fi*.

Figura 24 – Coletora HCE320



Fonte: Os Autores 2023

O celular utilizado para roteamento da internet foi um Samsung Galaxy S10e, demonstrado na Figura 25, possui um sistema operacional *ANDROID* versão 12. O S10e possui conectividade GSM, HSPA+ e LTE, capaz de conectar em redes 4G e 4G+, com uma velocidade de *download* de 2000 mbps e *upload* de 316 mbps.

Figura 25 – Smartphone Samsung S10e



Fonte: Os Autores 2023

4.3 MÉTODOS

As etapas principais para se atingir os objetivos do trabalho foram: estudo da área, procedimentos de coleta de dados e comparação e análise dos dados.

4.3.1 Estudo da área de coleta de dados

A primeira etapa consistiu em um estudo da área de coleta de dados, para determinar os locais de cada ponto e o percurso a seguir. No total foram definidos 9 pontos para a realização do trabalho. Estes pontos foram escolhidos levando em consideração o acesso ao local, segurança dos proponentes e uma distância de aproximadamente 10 km entre eles. Para esta análise foram utilizadas as ferramentas *Google Earth* e *Google Street View*, que combinadas permitiram ter uma visão panorâmica do local e uma coordenada aproximada de cada ponto.

Esse estudo foi crucial para evitar locais inacessíveis viabilizar a implantação de marcos. Também foi fundamental para realizar uma previsão dos gastos para a realização do trabalho, como a quantidade de combustível, além de calcular o tempo necessário para realizar o levantamento. Além disto foi verificada a disponibilidade de sinal de internet móvel nas imediações dos pontos definidos inicialmente, fazendo uma visita *in loco* preliminar.

4.3.2 Coleta de dados

A segunda etapa do trabalho foi a realização dos levantamentos de campo. O ponto de partida foi a base RBMC-IP de Goiânia (GOGY), localizada no Campus Goiânia do IFG. A partir da base, seguiu-se sentido Brasília, parando em cada ponto previsto na etapa anterior, até o último ponto, localizado na cidade Abadiânia-GO.

Para chegar aos pontos foi utilizado o veículo próprio do grupo, com o qual foram percorridos aproximadamente 400 km, devido ao levantamento ter sido realizado em três dias diferentes. Antes da implantação dos marcos de referência e do levantamento, foram analisados fatores como a disponibilidade do sinal de internet móvel, o terreno mais adequado para a implantação do marco ou piquete e para a instalação do equipamento GNSS.

Após definido o local, foi implantando o marco e em seguida o equipamento GNSS foi instalado e nivelado. A coleta das coordenadas foi realizada por duas técnicas de posicionamento: relativo estático e RTK via NTRIP.

A duração do levantamento pelo método relativo estático foi determinada conforme o comprimento de linha de base, considerando o número de constelações rastreadas e consequentemente o número de satélites sintonizados. A duração do levantamento em função do comprimento da linha de base é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Duração do rastreio em função do comprimento de linha de base.

Comprimento da linha de base (km)	Tempo mínimo de rastreio (h)
< 20	0,5
>20 - 40	1
> 40 - 60	1,5
> 60 - 80	2
<80	2,5

Fonte: Os Autores 2023

Nos levantamentos pelo método RTK NTRIP foram coletadas as coordenadas instantâneas do marco, conectando no servidor do IBGE e utilizando as bases GOGY e BRAZ para a transmissão das correções em tempo real. Ainda foram analisados fatores como tempo de convergência para a solução fixa das ambiguidades e o tempo de convergência.

A Tabela 2 apresenta a data do levantamento e distâncias para as estações GOGY e BRAZ dos pontos coletados. Os relatórios de coleta do levantamento RTK e as imagens dos pontos coletados são apresentados nos Apêndices B e C, respectivamente.

Tabela 2 – Dados do levantamento nos pontos de controle.

Ponto	Data Lev.	Distâncias	
		GOGY (km)	BRAZ (km)
01	19/08	8	160
02	19/08	17	152
03	19/08	27	143
04	20/08	36	136
05	20/08	46	146
06	22/08	52	118
07	22/08	61	109
08	20/08	73	98
09	19/08	81	89

Fonte: os autores (2023)

4.3.3 Processamento dos dados

Por fim, a terceira etapa consistiu em comparar e analisar dos dados coletados. A primeira parte foi o ajuste dos dados coletados pelo método estático, utilizando o *software Topcon Tools*.

Para realizar as correções dos dados foi necessário buscar dados das estações de referência e as efemérides precisas. As estações de referência utilizadas pertencem à RBMC do IBGE e foram utilizados os dados das bases GOGY, BRAZ e GOUR. As efemérides precisas foram obtidas a partir do banco de dados da *Crustal Dynamics Data Information System* (CDDIS, 2023). Os relatórios do processamento estático encontram-se no apêndice A.

Com todas as informações reunidas foi realizado o ajuste, e ao final do processamento foram obtidos as coordenadas ajustadas e o relatório de processamento dos pontos. Em seguida, as coordenadas ajustadas serão consideradas como referência e comparadas com as coordenadas obtidas pelo método RTK via NTRIP. A comparação levará em consideração as discrepâncias nos valores das coordenadas, permitindo, ao final, uma avaliação da qualidade do método NTRIP.

As coordenadas finais no sistema de projeção UTM fuso 22 S para o levantamento RTK e para o levantamento relativo estático são apresentadas nas Tabelas 3 e Tabela 4.

Tabela 3 – Coordenadas obtidas pelo levantamento RTK no sistema de projeção UTM.

PONTOS	RTK NTRIP - GOGY					
	N (m)	σN (m)	E (m)	σE (m)	h (m)	σh (m)
1	8162557,376	0,017	691488,761	0,017	761,123	0,038
2	8169645,583	0,022	697157,532	0,029	775,204	0,071
3	8177262,286	0,045	703484,279	0,035	780,566	0,083
4	8181941,252	0,057	711599,016	0,057	1008,516	0,123
5	8185576,560	0,049	718267,574	0,069	1119,817	0,151
6	8191933,074	0,068	724124,683	0,081	1040,583	0,182
7	8195828,983	0,111	732640,644	0,138	997,849	0,276
8	8205209,396	0,099	740520,669	0,077	1076,606	0,301
9	8208488,769	0,123	748929,576	0,126	1014,030	0,235

Fonte: os autores (2023)

Tabela 4 – Coordenadas obtidas pelo levantamento estático no sistema de projeção UTM.

PONTOS	ESTÁTICO					
	N (m)	σN (m)	E (m)	σE (m)	h (m)	σh (m)
1	8162557,361	0,008	691488,736	0,007	761,403	0,025
2	8169645,605	0,010	697157,526	0,012	775,452	0,035
3	8177262,307	0,019	703484,290	0,016	780,797	0,043
4	8181941,277	0,007	711599,031	0,008	1008,740	0,019
5	8185576,581	0,007	718267,594	0,009	1120,071	0,017
6	8191933,088	0,009	724124,701	0,008	1040,769	0,024
7	8195828,863	0,008	732640,522	0,010	997,866	0,017
8	8205209,154	0,007	740520,375	0,010	1076,976	0,022
9	8208488,823	0,019	748929,516	0,007	1014,342	0,037

Fonte: os autores (2023).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE DA SOLUÇÃO DAS AMBIGUIDADES

A análise do tempo de convergência pelo método de levantamento NTRIP foi realizada por meio da diferença entre o instante em que o GNSS foi colocado em modo NTRIP e o instante em que o equipamento encontrou a solução fixa ou estabilizou as precisões. Na Tabela 5 são apresentados os tempos de cada ponto levantado, tanto para o levantamento relativo estático quanto para o RTK NTRIP.

Tabela 5 – Tempo de convergência para os pontos conectados na base GOGY.

Ponto	Distâncias		Relativo estático		RTK NTRIP				
					GOGY			BRAZ	
	GOGY (km)	BRAZ (km)	Hora inicial	Ocupação (min)	Hora	Converg. (min)	Solução	Converg. (min)	Solução
01	8	160	07:53	31	08:24	≈0	fixa	8	flutuante
02	17	152	09:37	33	10:22	≈0	fixa	9	flutuante
03	27	143	11:16	61	11:11	3	fixa	2	fixa
04	36	136	08:17	60	08:07	≈0	fixa	10	flutuante
05	43	126	09:52	91	09:45	≈0	fixa	7	fixa
06	52	118	07:32	90	07:35	≈0	fixa	1	fixa
07	61	109	09:28	120	09:26	≈0	fixa	≈0	fixa
08	73	98	12:42	121	12:29	≈0	fixa	12	flutuante
09	81	89	14:23	151	14:01	10	fixa	12	flutuante

Fonte: Os Autores (2023).

Na Tabela 5 é possível verificar que todos os pontos no levantamento RTK utilizando a base GOGY tiveram solução fixa. Nos pontos 01, 02, 04, 05, 06, 07 e 08 o tempo de convergência foi instantâneo, já nos pontos 03 e 09 o tempo de convergência foi de 3 minutos e 10 minutos, respectivamente.

Quando analisado o RKT com correções NTRIP da estação BRAZ é possível verificar que quatro pontos obtiveram uma solução fixa e cinco pontos uma solução flutuante, ou seja, houve uma variação no tipo de solução. Devido aos comprimentos das linhas de base serem maiores em relação à estação GOGY, oito dos nove pontos não obtiveram uma estabilização instantânea da precisão.

De acordo com Costa et. al (2008b), os posicionamentos RTK usando o protocolo NTRIP da RBMC-IP para distâncias de até 50 km entre a estação de referência e o *rover*, é possível obter resultados com ambiguidades inteiras (solução fixa). Nos dados da Tabela 4 é

possível verificar que até 81 km ainda foi possível obter solução fixa, a partir dessa distância as soluções foram oscilando entre fixas e flutuantes.

5.2 ANÁLISE DE PRECISÃO

Para analisar o alcance das correções da técnica NTRIP para diferentes comprimentos de linha de base foram considerados os valores da precisão planimétrica (σ_{plan}) e altimétrica (σ_{alt}) obtidos no levantamento. Na Tabela 6 são apresentados os resultados das precisões obtidas tomando por base as estações GOGY e BRAZ.

Tabela 6 – Precisão e comprimento das linhas de base.

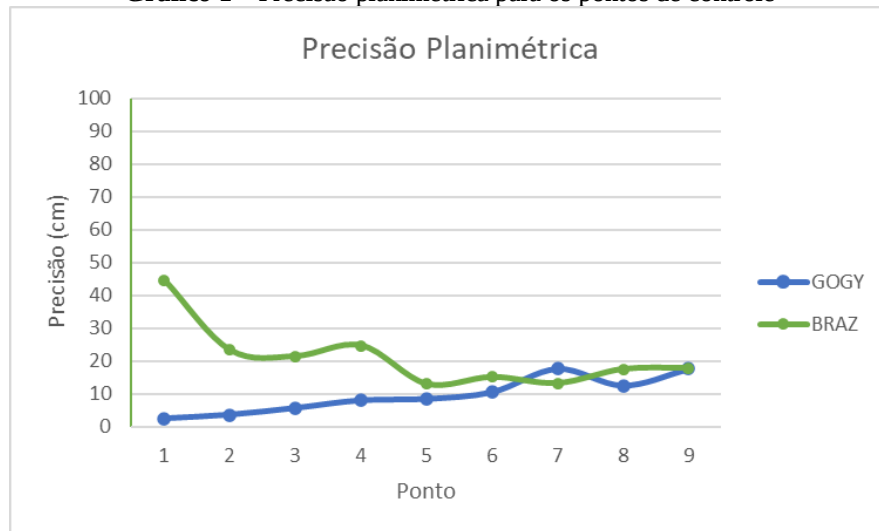
Ponto	Base GOGY			Base BRAZ		
	σ_{plan} (cm)	σ_{alt} (cm)	Base (km)	σ_{plan} (cm)	σ_{alt} (cm)	Base (km)
01	2,45	3,84	8	44,54	91,63	160
02	3,62	7,05	17	23,32	62,12	152
03	5,68	8,31	27	21,45	40,19	143
04	8,04	12,25	36	24,70	53,54	133
05	8,45	15,06	43	13,03	46,15	126
06	10,53	18,22	52	15,14	39,83	118
07	17,70	27,57	61	13,27	34,73	109
08	12,55	30,11	73	17,55	51,77	98
09	17,62	23,46	81	17,89	35,57	89

Fonte: Os Autores (2023).

Conforme se verifica pela Tabela 4, os valores de precisão planimétrica variaram de 2,45 cm a 17,70 cm quando a estação GOGY foi usada como base e de 13,03 cm a 44,54 cm quando a estação BRAZ foi usada como base. Como já é esperado, ocorre uma degradação da qualidade com o distanciamento da estação base.

No Gráfico 1 é apresentada uma comparação entre as precisões planimétricas obtidas pelas duas estações de referência. É possível verificar que até o ponto 07 a precisão planimétrica é inversamente proporcional à distância em relação a estação GOGY. Já em relação a estação BRAZ há uma oscilação na relação precisão x linha de base, uma vez que os pontos estão mais distantes dessa estação do que da estação GOGY.

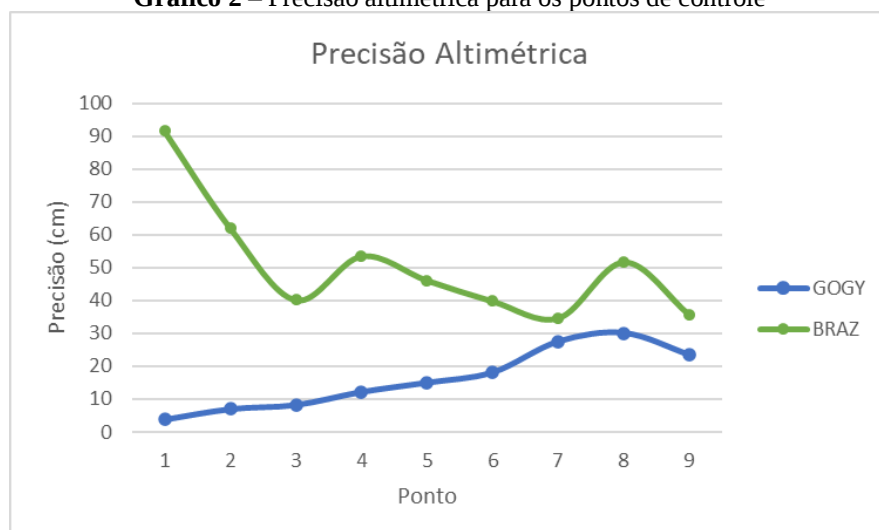
Gráfico 1 – Precisão planimétrica para os pontos de controle



Fonte: Os Autores (2023).

No Gráfico 2 é apresentada uma comparação entre as precisões altimétricas obtidas pelas duas estações de referência. Os valores variaram de 3,84 cm a 30,11 cm para a estação GOGY e de 34,73 cm a 91,63 cm em relação a estação BRAZ. É possível verificar que até o ponto 08 a precisão altimétrica é inversamente proporcional à distância em relação a estação GOGY. Já em relação a estação BRAZ, assim como ocorre na planimetria, há uma oscilação na relação precisão x linha de base, uma vez que os pontos estão mais distantes dessa estação do que da estação GOGY.

Gráfico 2 – Precisão altimétrica para os pontos de controle



Fonte: Os Autores (2023).

5.3 ANÁLISE DE ACURÁCIA

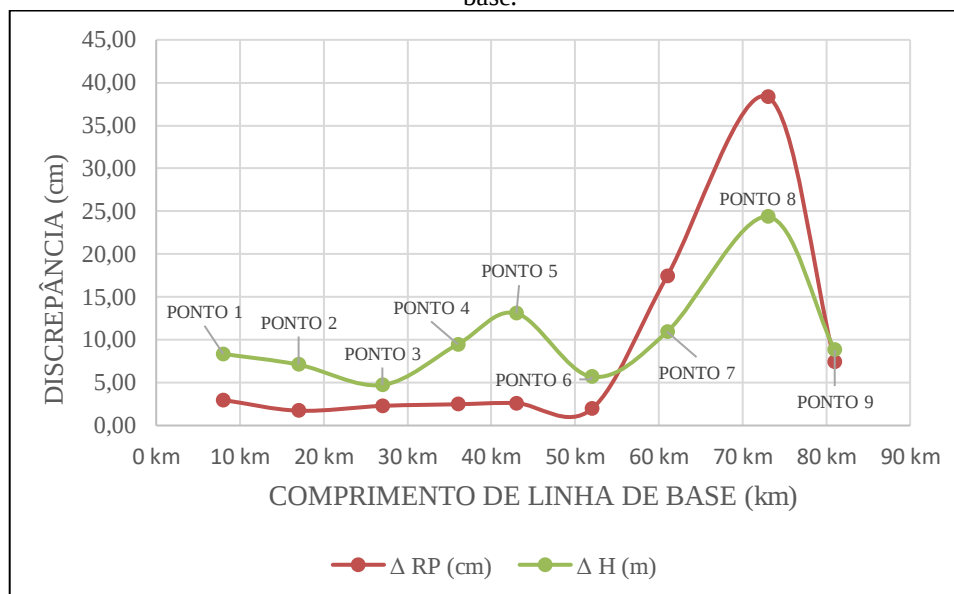
Para comparar o levantamento RTK/NTRIP e o levantamento relativo estático tomando como base as correções NTRIP da estação GOGY foram calculadas as discrepâncias pelas diferenças das coordenadas obtidas em cada ponto pelos dois métodos. As discrepâncias encontradas para as componentes E, N, h e para a resultante planimétrica são apresentadas na Tabela 7 e no Gráfico 3.

Tabela 7 – Discrepâncias entre as coordenadas e N, E e h e a resultante planimétrica.

PONTOS	ΔN (cm)	ΔE (cm)	ΔRP (cm)	Δh (cm)
01	1,95	2,25	2,98	8,35
02	1,65	0,51	1,73	7,10
03	2,06	1,00	2,29	4,73
04	1,94	1,54	2,48	9,48
05	1,66	2,01	2,61	13,09
06	0,81	1,77	1,95	5,69
07	12,40	12,24	17,42	10,94
08	24,73	29,29	38,33	24,36
09	4,62	5,86	7,46	8,82

Fonte: Os Autores (2023).

Gráfico 3 - Variação da discrepância entre os métodos de levantamento em função do comprimento de linha de base.



Fonte: Os Autores (2023).

Na Tabela 6 é possível verificar que até o ponto 06 as discrepâncias para a resultante planimétrica foram inferiores a 3 cm e a partir do ponto 7 passam a ser superiores a 7 cm.

Comportamento análogo ocorre em relação a componente altimétrica, com exceção do ponto 05 onde a discrepância foi de 13,09 cm, nos demais pontos até o ponto 06 percebe-se discrepâncias inferiores a 10 cm.

No Gráfico 3 é possível verificar o comportamento das discrepâncias em planimetria e altimetria e notar que o ponto 06 encontra-se próximo de 50 km da estação base.

Os resultados apresentados no item 5.1 expressam a precisão do levantamento RTK, ou seja, a dispersão dos dados em relação ao valor médio obtido para as coordenadas. Já os resultados apresentados na Tabela 6 expressam o quanto as coordenadas obtidas no RTK diferem das coordenadas obtidas pelo levantamento relativo estático. Assumindo que as discrepâncias do posicionamento coincidam com o erro verdadeiro, tendo como base a posição previamente estabelecida por métodos mais precisos é possível calcular a acurácia posicional. Baseado na Equação 10 o indicador de acurácia planimétrico e altimétrico para o levantamento RTK pode ser dado pelas Equações 11 e 12 respectivamente:

$$EMQ_{plan} = \sqrt{\sigma_{plan}^2 + \Delta RP^2} \quad (11)$$

$$EMQ_{alt} = \sqrt{\sigma_h^2 + \Delta h^2} \quad (12)$$

A Tabela 8 apresenta o EMQ planimétrico e altimétrico para o levantamento RTK nos 9 pontos coletados.

Tabela 8 – Acurácia (EMQ) planimétrica e altimétrica do levantamento RTK.

Ponto	Base (km)	σ_{plan} (cm)	σ_{alt} (cm)	ΔRP (cm)	Δh (cm)	EMQ _{plan} (cm)	EMQ _{alt} (cm)
01	8	2,45	3,84	44,54	91,63	3,86	9,19
02	17	3,62	7,05	23,32	62,12	4,01	10,01
03	27	5,68	8,31	21,45	40,19	6,12	9,56
04	36	8,04	12,25	24,70	53,54	8,41	15,49
05	43	8,45	15,06	13,03	46,15	8,84	19,95
06	52	10,53	18,22	15,14	39,83	10,71	19,09
07	61	17,70	27,57	13,27	34,73	24,83	29,66
08	73	12,55	30,11	17,55	51,77	40,33	38,73
09	81	17,62	23,46	17,89	35,57	19,13	25,06

Fonte: Os Autores (2023).

Analisando a Tabela 8 verifica-se que a acurácia planimétrica se deteriora com o distanciamento da base GOGY, variando de 3,86 cm no ponto 01 até 40,33 cm no ponto 08. Já a acurácia altimétrica variou de 9,19 cm no ponto 01 até 38,73 cm no ponto 08.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 CONCLUSÃO

Este trabalho tem como principal objetivo verificar a qualidade do posicionamento GNSS RTK com correções via NTRIP, comparando o método com dados pós-processados do posicionamento relativo estático e analisando fatores como tempo de convergência e alcance da solução NTRIP em função do comprimento de linha de base.

O estudo também buscou revisar a literatura quando ao estado da arte do método de levantamento RTK via NTRIP. Agregando-se a isto, foi apresentado também uma descrição dos sistemas de referência geodésicos modernos, os principais erros no posicionamento GNSS, modelos matemáticos das observáveis, outros métodos de posicionamento e exemplos de RTK em rede em outros países. Foi possível também avaliar as perspectivas futuras para o RTK via NTRIP.

A análise do alcance das correções NTRIP para diferentes comprimentos de linha de base evidencia que, à medida que a distância da estação base é aumentada, a qualidade dos dados sofre degradação, o que se configura como um elemento determinante para a qualidade do levantamento.

A análise do tempo de convergência para solução da ambiguidade mostrou que o comprimento de linha de base foi o fator determinante para a alteração do tempo e tipo de solução. Todos os pontos levantados quando conectados na base GOGY apresentaram solução fixo e somente dois não alcançaram uma a solução instantaneamente. Já os pontos levantados quando conectados na base BRAZ apresentaram resultados oscilantes, com quatro pontos com solução fixo e cinco com solução flutuantes e devido ao comprimento de linha de base variar de 89 km a 160 km.

Na análise da precisão planimétrica os valores variaram de 2,45 cm a 17,70 cm quando a estação GOGY foi usada como base e de 13,03 cm a 44,54 cm quando a estação BRAZ foi usada como base. Em termos altimétricos os valores variaram de 3,84 cm a 30,11 cm para a estação GOGY e de 34,73 cm a 91,63 cm em relação a estação BRAZ.

A análise de acurácia do RTK usando correções NTRIP da estação GOGY apresentou valores de EMQ variando de 3,86 cm no ponto 01 até 40,33 cm no ponto 08. Já a acurácia altimétrica variou de 9,19 cm no ponto 01 até 38,73 cm no ponto 08.

No estudo, notou-se que ao considerar uma linha de base superior a 52 km, a técnica apresenta instabilidade, resultando em discrepâncias que excedem 24 cm na componente horizontal e 29 cm na componente vertical. Essa inconsistência pode estar relacionada à decorrelação dos erros em relação à estação base com o afastamento do *rover* devido aos efeitos da ionosfera, troposfera e órbita dos satélites. Fatores como latência da internet também podem contribuir com a degradação da qualidade do levantamento.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A expansão da rede RBMC-IP juntamente com a aprimoração da qualidade das conexões de internet móvel no Brasil tem o potencial de gerar melhorias significativas nos resultados, reduzindo a instabilidade identificada neste estudo. Em algumas áreas, é possível contornar a carência de estações de referência ao adquirir serviços de empresas que operam essas estações e disponibilizam correções, como a CPENET. Além disso, uma alternativa é a aquisição de serviços de correção via satélite, como o *Trimble CenterPoint RTX* oferecido pela TRIMBLE.

Recomenda utilizar diferentes intervalos de ocupação nos levantamentos pelo método relativo estático, de acordo com as normas vigentes, para verificar se há diferenças significativas nos resultados.

7. REFERÊNCIAS

- ALVES, D. B. M. **Método dos Mínimos Quadrados com Penalidades: Aplicação no posicionamento relativo GPS**. Dissertação Mestrado em Ciências Cartográficas - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2004.
- ALVES, D. B. M. **Posicionamento GPS utilizando conceito de estação virtual**. 2008. 164f. Tese Doutorado em Ciências Cartográficas - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- ARIZA, F.J. **Calidad en la Producción Cartográfica**, RA-MA, Madrid. 2002.
- BARBOSA, E. M; MONICO, J. F. G; ALVES, D. B. M; OLIVEIRA, L. C. (2010) **Integridade no posicionamento RTK e RTK em rede**. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v.16, n. 04 p.589-605, 2010.
- BROWN, N.; KEENAN, R.; RICHTER, B.; TROYER, L. **Advances in ambiguity resolution for RTK applications using the new RTCM 3.0 Master-Auxiliary messages**. In: Institute of Navigation GNSS 2005, Long Beach. Proceedings...2005.
- CHEN, R.; LI, X.; WEBER, G. **Test results of an Internet RTK system based on the NTRIP protocol**. In: ION GPS 2004, Oregon Convention Center, Portland. Proceedings..., 2003.
- CHUERUBIM, M. L.; GOMES, P. G. **Comparação do posicionamento geodésico tridimensional realizado com modelos idênticos de antenas e de receptores GPS em diferentes épocas e intervalos do dia**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 6, n. 1, p. Páginas 102-122, 2014.
- CINA A, **Dal GPS Al GNSS Per La Geomatica, Torino**, Celid, 2014, pagg. 374, ISBN 978-88-6789-020-0.
- COELHO, G. R.; ALVES, M. S.s B. **O método PPP de posicionamento GNSS: desempenho e perspectivas**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia. 2022.
- COSTA, S. M. A. **Modernization and New Services of the Brazilian Active Control Network**. 2008a.
- COSTA, S. M. A.; LIMA, M. A. A.; JÚNIOR, M. J. N.; ABREU, M. A.; SILVA, A. L.; FORTES, L. P. S. RBMC em tempo real via NTRIP e seus benefícios nos levantamentos RTK e DGPS. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, 8-11 de setembro, 2008b.
- CDDIS. **The Crustal Dynamics Data Information System** Disponível em: < https://cddis.nasa.gov/Data_and_Derived_Products/GNSS/orbit_products.html/>. Acessado em 05 de set. de 2023.

CPE TECNOLOGIA. **Serviço de Correções das Observações GNSS via NRIP - CPE TECNOLOGIA**. Disponível em: < <https://cpetecnologia.com.br/cpenet.htm> >. Acesso em: 20 de mai. 2023

EL-RABBANY, A. **Introduction to GPS: the Global Positioning System**. Norwood: Artech House, 2002.

DALMOLIN, Q. **Ajustamento por Mínimos Quadrados**. 2ª edição. Ed. UFPR. Curitiba, 180p., 2004.

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. **Adjustment computations: spatial data analysis**. 4ª edição, editora John Wiley & Sons, Inc. Estados Unidos da América. 2006.

FOTOPOULOS, G. **Parameterization of DGPS carrier phase errors over a regional network of reference stations**. 2000. 202f. Dissertação MSc - University of Calgary, Calgary.

GIOVANINI, A. **SIRGAS: o que é? História e Objetivos**. Disponível em: < <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/sirgas-2000/> >. Acesso em 23 abr. 2023

GLONASS-IAC. **Beidou Constellation Status**. Disponível em: <<https://glonass-iac.ru/en/dostupnost/>>. Acesso em 02 jun. 2023.

GOVERNMENT OF CANADA. **Commercial Real-Time Kinematic (RTK) Networks**. Disponível em: <<https://natural-resources.canada.ca/maps-tools-and-publications/tools/geodetic-reference-systems/canadian-spatial-reference-systemcsrs/9052#rtk>>. Acessado em 01 de jun. de 2023.

GSJ – GEOSPATIAL INFORMATION AUTHORITY OF JAPAN. **GEONET- Sistema GNSS de Rede de Observação Terrestre**. Disponível em: < https://www.gsj.go.jp/ENGLISH/geonet_english.html >. Acessado em: 02 de jun. de 2023.

HEXAGON. **Correction Services for Leica Geosystems GS Smart Antennas**. Disponível em: < <https://hxgnsmartnet.com/en-us/services/hxgn-smartnet-global> >. Acesso em 20 e mai. 2023.

HEIN, G. W., **From GPS and GLONASS via EGNOS to Galileo - Positioning and navigation in the third millennium**. Institute of Geodesy and Navigation, Proceedings Germany: University FAF Munich. 2000.

HOFMANN-WELLENHOF, B., LICHTENEGGER H. & COLLINS J. **Global position system: theory and practice**. New York: Springer-Verlag Wien 1994

HOFMANN-WELLENHOF, B., LICHTENEGGER H. & COLLINS J. **GPS: theory and practice**. 3.ed. Wien: Springer. 2001

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; WASLE, E. **GNSS - Global navigation satellite systems, GPS, GLONASS, Galileo and more**. Springer-Verlag Wien, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos - GPS**. Rio de Janeiro, 2008

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em tempo real** - disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico/16332-rbmc-ip-rede-brasileira-de-monitoramento-continuodos-sistemas-gnss-em-tempo-real.html>. Acesso em: 15 abri. 2023

INPE. **GPS Para Iniciantes**. Disponível em: < <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/06.02.09.16/doc/publicacao.pdf> > Acesso em: 27 de mai. 2023.

KAPLAN, E. D.; HEGARTY, C. J. **Understanding GPS: principles and applications**. 2. ed. Norwood: Artech House, 2006.

KONZEN, Deison Mathias. **ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS E SERVIÇOS PÚBLICOS DE POSICIONAMENTO POR GNSS**. 2022. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL) - Universidade Federal de Santa Maria, 2022.

LANDAU H., U. VOLLATH e X. CHEN. **Virtual Reference Station Systems**, Journal of Global Positioning Systems, Vol. 1, No 2:137-143, 2002.

LANGLEY, R. B. **RTK GPS**. **GPS World**. Santa Ana, v. 9, nº. 9, p. 70-76, 1998.

LEICK, A. **GPS - Satellite Surveying**. 3.ed. Hoboken, John Wiley & Sons, 2004.

LENZ, E. **Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip) - Application and Benefit in Modern Surveying Systems**. FIG Working Week. Athens: 2004.

LIMAICO, E. J. T. **Análisis De Los Aspectos Técnicos Y Económicos De Los Equipos Gps Y Gns Con Corrección Diferencial Rtk Y Ntrip Con Fines Catastrales En El Casco Urbano De La Ciudad De Urcuquí**. Monografia: Carrera De Ingeniería En Agronegocios, Avalúos Y Catastros — Universidad Técnica Del Norte, Ibarra Ecuador, 2022.

MARQUES, H. A. **Influência da Ionosfera no Posicionamento GPS: Estimativa dos Resíduos no Contexto de Duplas Diferenças e Eliminação dos Efeitos de 2ª e 3ª Ordem**. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

MATSUOKA, M. T. **Influência de Diferentes Condições da Ionosfera no Posicionamento por Ponto com GPS: Avaliação na região Brasileira**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

MEKIK, C., O. Yildirim, and Bakici, S. **The Turkish Real Time Kinematic GPS Network (TUSAGA-Aktif) Infrastructure**. Scientific Research and Essays 6 (2011).

MONICO, J.F.G., **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações** - 2. ed - São Paulo: Editora UNESP, 2008.

MONICO, J. F. G.; DAL PÓZ, A. P.; GALO, M.; SANTOS, M. C. dos; OLIVERIA, L. C. de. **Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada**. Bol. Ciências Geodésicas, Curitiba, v.15, nº3, p.469-483, jul-set, 2009.

MOREIRA, A. L. L. **Precisão Do Posicionamento RTK Usando Correções Diferenciais Transmitidas Pelo Sistema NTRIP (RBMC-IP).** 2011.

MOREIRA, L. A.; KRUEGER, C. P. **Análise De Precisão E Acurácia De Métodos De Posicionamento Em Tempo Real Na Determinação De Desníveis.** *Revista Brasileira De Geomática*. Curitiba, v. 8, 2020.

NATIONAL GEODETIC SURVEY. **Rede NOAA CORS (NCN).** Disponível em: < <https://geodesy.noaa.gov/CORS/>>. Acessado em 03 de jun. de 2023.

NOGUEIRA JR., J. B. **Controle de qualidade de produtos cartográficos: uma proposta metodológica.** 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) - UNESP, Campus Presidente Prudente, Presidente Prudente. 2003.

OCALAN, T., TUNALIOGLU, N. **Data communication for real-time positioning and navigation in global navigation satellite systems (GNSS)/continuously operating reference stations (CORS) Networks.** *Sci. Res. Essays*, Vol. 5(18), pp. 2630-2639 , 2010

RAMOS, A. M. **Aplicação, investigação e análise da metodologia de reduções batimétricas através do método GPS diferencial preciso.** 2007. 221f. Dissertação Mestrado em Ciências Geodésicas - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

RAQUET, J. F. **Development of a method for kinematic GPS carrier-phase ambiguity resolution using multiple reference receivers.** Ph.D thesis - Department of Geomatics Engineering, UCGE Report nº 20116, The University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada.1998

Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS. **Atualização da Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS – ReNEP.** Disponível em: < <https://renep.dgterritorio.gov.pt/estacoes>>. Acessado em: 01 de jun. de 2023.

ROSSBACH, U.; HABRICH, H.; ZARROA, N. **Transformation Parameter Between PZ-90 and WGS-84.** In: Annual Proceedings of Institute of Navigation, Kansas City, 1996.

RTCM - THE RADIO TECHNICAL COMMISSION FOR MARITIME SERVICES. **STANDARD 10403.1 for differential GNSS Global Navigation Satellite Systems Services** - Version 3.1. Comitê Especial RTCM Nº 104, 2006.

RTCM - THE RADIO TECHNICAL COMMISSION FOR MARITIME SERVICES. **STANDARD 10403.2 for differential GNSS Global Navigation Satellite Systems Services** - Version 3. Comitê Especial RTCM Nº 104, 2013.

SAPOS. **Satellitenpositionierungsdienst der Deutschen Landesvermessung.** Disponível em: < <https://sapos.de/>>. Acessado em: 30 de mai. De 2023;

SAPUCCI, L. F. **Estimativa do vapor d'água atmosférico e avaliação da modelagem do atraso zenital troposférico utilizando GPS.** (Dissertação - Mestrado em Ciências Cartográficas). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2001.

SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations, methods and applications.** 2nd. Ed., Berlin; New York: Walter de Gruyter, 2003

SEGANTINE, P. **GPS: Sistema de Posicionamento Global**. 1. ed. São Carlos: EESC/USP, 2005. 225-247 p. v1.

SILVA, H. D. R.; MONICO, J. F. G.; ALVES, D. B. M. **Análise do Desempenho do RTK em Rede no Brasil sob Efeito da Cintilação Ionosférica**. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, p. 2083-2102, nov/dez 2016. ISSN 1808-0936.

SILVA, Pollianna Vieira da; PACHECO, Renato Alves Lima; JÚNIOR, João Paulo Magna. ESTUDO DO POSICIONAMENTO GNSS CINEMÁTICO EM TEMPO REAL COM CORREÇÃO DE ERROS VIA RBMC/IP. **SIMPÓSIO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO**, [S. l.], 2017.

SOUZA, A. d. N.; GARNÉS, S. J. D. A.; MARQUES, H. A. **Avaliação do posicionamento GNN obtido pelos métodos cinemáticos RTK/NTRIP e PPP em tempo real**. Revista Brasileira de Cartografia, 2014.

SOUZA, E. M. **Análise de Wavelets para Detecção e Correção do Multicaminho no Posicionamento Relativo GNSS Estático e Cinemático**. 166f. Tese de Doutorado - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP, 2008.

TALBOT, N.C. **Compact data transmission standard for high-precision GPS**. In: ION GPS 1996, Kansas City, Missouri, p.861-871, Proceedings of...1996.

TEUNISSEN, P. J. G. **GPS carrier phase ambiguity fixing concepts**. GPS for Geodesy, v. 60, 1996. ISSN 978-3-540-60785-4.

TEUNISSEN, P. J. G. **GPS carrier phase ambiguity xing concepts**. In P. J. G. Teunissen and A. Kleusberg, editors, GPS for Geodesy. Springer Berlin, Berlin, 1998.

TOPCON. **Topnet Live Corrections: GNSS Positioning correction service**. Disponível em: < <https://www.topconpositioning.com/office-software-and-services/gnss-correction-services/topnet-live-corrections> >. Acesso em: 18 de mai. 2023.

TRIMBLE. **Positioning Services: Absolute Correction**. Disponível em: < <https://positioningservices.trimble.com/en/vrs> >. Acesso em: 21 de mai. 2023.

VINCENTE, R.; POZ, W. R. D.; NASCIMENTO, L. A. **Avaliação da qualidade da locação utilizando RTK VIA NTRIP PARA LINHAS DE BASE CURTAS**. VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, p. 24 ago.2016.

WEBER, G. GEBHARD, H. KALAFUS, R. **Networked Transport of RTCM via Internet Protocol Ntrip - IPStreaming for Real-Time GNSS Applications**. In: ION GNSS 2005, Long Beach, California. Proceedings... 2005

Wübbena, G. **On the modelling of GNSS observations for high-precision position determination**. GEO++, 2001

ANEXO A

A tabela a seguir apresenta o resumo dos principais tipos de mensagem RTCM (RTCM, 2013).

Version	Messages Defined	Change Description
3.0	1001-1013	RTK messages for single or dual-frequency GPS and GLONASS operation.
3.1	1001-1029	GPS Network RTK
	4088-4095	GPS and GLONASS Ephemeris messages Transformation messages
		UNICODE message
3.1 A.1	1001-1029	Improved messages descriptions.
	4001-4087	Addition of proprietary messages
3.1 A.2	1001-1033	Network RTK residual messages
	4001-4095	Physical reference station position message (for VRS)
		Receiver and antenna description messages
3.1 A.3	1001-1033	Handling of quarter-cycle phase shifts
	4001-4095	
3.1 A.4	1001-1039	GPS and GLONASS FKP GLONASS MAC
	4001-4095	
3.1 A.5	1001-1039	State space representation (SSR; PPP) messages
	1057-1068	
	4001-4095	
3.2	1001-1039	Multiple signal messages (MSM) GLONASS bias information message
	1057-1068	
	1071-1230	
	4001-4095	

ANEXO B

A tabela a seguir apresenta os principais tipos de mensagem RTCM da versão 3.1 (RTCM, 2013).

Group Name	Sub-Group Name	Message Type
Observations	GPS L1	1001
		1002
	GPS L1 / L2	1003
		1004
	GLONASS L1	1009
		1010
	GLONASS L1 / L2	1011
		1012
	GPS MSMs	1071-1077
	GLONASS MSMs	1081-1087
	GALILEO MSMs	1091-1097
Station Coordinates		1005
		1006
		1032
Antenna Description		1007
		1008
Receiver and Antenna Description		1033
Network RTK Corrections	Network Auxiliary Station Data Message	1014
	GPS Ionospheric Correction Differences	1015
	GPS Geometric Correction Differences	1016
	Combined GPS Geometric and Ionospheric Correction Differences	1017
	GPS Network RTK Residual Message	1030
	GLONASS Network RTK Residual Message	1031
	GPS Network FKP Gradient Message	1034

	GLONASS Network FKP Gradient Message	1035
	GLONASS Ionospheric Correction Differences	1037
	GLONASS Geometric Correction Differences	1038
	Combined GLONASS Geometric and Ionospheric Correction Differences	1039
Auxiliary Operation Information	System Parameters	1013
	Satellite Ephemeris Data	1019
		1020
	Unicode Text String	1029
	GLONASS bias information	1230
Transformation Parameter Information	Helmet/Abridged Molodenski Message	1021
	Molodenski-Badekas Message	1022
	Representation Residual Messages	1023
		1024
	Projection Parameters Messages	1025
		1026
State Space Representation Parameters	GPS Orbit Correction	1057
	GPS Clock Correction	1058
	GPS Code Bias	1059
	GPS Combined Orbit and Clock	1060
	GPS URA	1061
	GPS High Rate Clock	1062
	Correction	
	GLONASS Orbit Correction	1063
	GLONASS Clock Correction	1064
	GLONASS Code Bias	1065
	GLONASS Combined Orbit and Clock	1066
	GLONASS URA	1067

	GLONASS High Rate Clock Correction	1068
Proprietary Information		Assigned in the range 4001 - 4095

APÊNDICE A

As imagens a seguir apresentam os relatórios gerados após o pós-processamento do levantamento estático através do *software TOPCONTOOLS* (Autores, 2023).



CABEÇALHO DO PROJETO

Nome do Projeto: TCC-DIA 19.fhp
Pasta do Projeto: E:\CAIO\PROCESSAMENTO DE DADOS TCC\PROCESSAMENTOS
Hora da Criação do Projeto: 20/10/2023 16:32:35
Criado por: CAIO
Comentários:
Unidade Linear: **Meters**
Unidade Angular: **DMS**
Projeção UTM: **UTMSouth-Zone_22 : 54W to 48W**
Datum: **SIRGAS**
Geóide:
Hora: **E. South America Standard Time**

AJUSTAMENTO

Tipo de Ajustamento: **Plane + Height, Constraint**
Nível de Confiança: **68 %**
Número de pontos Ajustados: **7**
Número de Pontos de Controle Planimétricos: **3**
Número de Pontos Planimétricos Ponderados: **3**
Número de vetores GPS usados: **10**
Plano UWE A posteriori: **1,196433** , Bounds: (**0,8212457** , **1,151086**)
Número de Pontos de Controle Altimétricos: **3**
Número de Pontos de Controle Altimétricos Ponderados: **3**

COORDENADAS GEODÉSICAS

Name	Latitude	Std Dev n (m)	Longitude	Std Dev e (m)	Elevation (m)	Std Dev u (m)
BRAZ	15°56'50.91123"S	0,001	47°52'40.32834"W	0,001	1106,020	0,001
GOGY	16°39'53.02249"S	0,001	49°15'16.82295"W	0,001	734,201	0,008
GOUR	14°30'33.21224"S	0,001	49°08'36.90369"W	0,001	516,864	0,003
Ponto 01	16°36'41.62306"S	0,004	49°12'17.74617"W	0,003	761,206	0,013
Ponto 02	16°32'49.38949"S	0,005	49°09'08.71112"W	0,005	775,275	0,016
Ponto 03	16°28'39.72911"S	0,009	49°05'37.78592"W	0,007	780,613	0,021
Ponto 09	16°11'28.81548"S	0,008	48°40'18.07843"W	0,031	1014,118	0,016

COORDENADAS UTM

Name	Grid Northing (m)	Std Dev n (m)	Grid Easting (m)	Std Dev e (m)	Elevation (m)	Std Dev u (m)
BRAZ	8234370,481	0,001	834270,248	0,001	1106,020	0,001
GOGY	8156720,617	0,001	686129,620	0,001	734,201	0,008
GOUR	8395142,484	0,001	700057,274	0,001	516,864	0,003
Ponto 01	8162557,356	0,004	691488,738	0,003	761,206	0,013
Ponto 02	8169645,599	0,005	691157,527	0,005	775,275	0,016
Ponto 03	8177262,307	0,009	703484,289	0,007	780,613	0,021

Ponto 09	8208488,815	0,008	748929,517	0,031	1014,118	0,016
----------	-------------	-------	------------	-------	----------	-------

DESVIO PADRÃO

Name	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev Hz (m)	Std Dev u (m)
BRAZ	0,001	0,001	0,001	0,001
GOGY	0,001	0,001	0,001	0,008
GOUR	0,001	0,001	0,001	0,003
Ponto 01	0,004	0,003	0,005	0,013
Ponto 02	0,005	0,005	0,007	0,016
Ponto 03	0,009	0,007	0,012	0,021
Ponto 09	0,008	0,031	0,032	0,016

FATOR DE ESCALA

Name	Combined Grid to Ground Scale Factor	Convergence
BRAZ	0,999192324241	-0°51'31,0493"
GOGY	1,000066831019	-0°30'02,3531"
GOUR	0,999986074288	-0°27'54,9153"
Ponto 01	1,000066038843	-0°30'48,0060"
Ponto 02	1,000040996737	-0°31'34,9195"
Ponto 03	1,000010484104	-0°32'27,0863"
Ponto 09	0,999792898577	-0°38'58,4740"

PRECISÃO

Name	dN (m)	dE (m)	dH (m)	North RMS(m)	East RMS(m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)	CorrXY	CorrXZ	CorrYZ
BRAZ--Ponto 01	-71813,121	-142781,505	-344,807	0,041	0,022	0,046	0,050	-0,9685	0,8893	-0,7973
BRAZ--Ponto 02	-64724,877	-137112,722	-330,738	0,013	0,018	0,023	0,054	-0,8004	-0,6479	0,6617
BRAZ--Ponto 09	-25881,660	-85340,748	-91,926	0,012	0,043	0,044	0,021	0,8093	-0,5271	-0,3756
GOGY--Ponto 01	5836,739	5359,116	27,003	0,004	0,003	0,005	0,011	-0,8394	-0,6482	0,6128
GOGY--Ponto 02	12924,983	11027,908	41,057	0,004	0,004	0,006	0,013	-0,8059	-0,5540	0,5942
GOGY--Ponto 03	20541,691	17354,669	46,410	0,007	0,006	0,009	0,016	-0,7586	-0,4094	0,3480
GOGY--Ponto 09	51768,203	62799,910	279,923	0,011	0,039	0,041	0,020	0,7810	-0,5464	-0,3866
GOUR--Ponto 01	-232585,118	-8568,528	244,374	0,019	0,018	0,026	0,068	-0,8575	-0,7459	0,7404
GOUR--Ponto 02	-225496,910	-2899,782	258,473	0,021	0,069	0,073	0,033	0,6275	-0,1354	-0,0811
GOUR--Ponto 09	-186653,678	48872,201	497,322	0,014	0,059	0,061	0,034	0,7394	-0,2398	-0,0491

DISTANCIA, SOLUÇÃO, ORBITA E PDOP

Name	Distance (m)	Solution Type	Orbit	PDOP	HDOP	VDOP	GPS Satellites	GLONASS Satellites	Status
BRAZ--Ponto 01	159767,526	Fixed Wide Lane	Precise	2,336	1,015	2,104	11	8	Adjusted

BRAZ-Ponto 02	151566,443	Fixed,Wide Lane	Precise	1,927	0,842	1,733	10	8	Adjusted
BRAZ-Ponto 09	89134,448	Float,Wide Lane	Precise	2,452	0,973	2,250	12	10	Adjusted
GOGY-Ponto 01	7924,519	Fixed	Precise	2,378	1,029	2,143	11	8	Adjusted
GOGY-Ponto 02	16991,429	Fixed,Iono Free	Precise	1,925	0,842	1,731	10	8	Adjusted
GOGY-Ponto 03	26892,719	Fixed,Iono Free	Precise	1,741	0,942	1,463	14	10	Adjusted
GOGY-Ponto 09	81382,287	Float,Wide Lane	Precise	2,440	0,970	2,238	12	10	Adjusted
GOUR-Ponto 01	232736,162	Fixed,Wide Lane	Precise	2,353	1,018	2,122	11	8	Adjusted
GOUR-Ponto 02	225506,973	Float,Wide Lane	Precise	1,909	0,833	1,717	10	8	Adjusted
GOUR-Ponto 09	192918,740	Float,Wide Lane	Precise	2,492	0,981	2,291	11	10	Adjusted

DURAÇÃO E INTERVALO

Point Name	Original Name	Start Time	Stop Time	Duration	Method	Interval (msec)	GPS week,day	NEpoch
BRAZ	BRAZ	18/08/2023 21:00:00	19/08/2023 21:00:00	24:00:00	Static	15000	2275,231	5760
GOGY	GOGY	18/08/2023 21:00:00	19/08/2023 21:00:00	24:00:00	Static	15000	2275,231	5760
GOUR	GOUR	18/08/2023 21:00:00	19/08/2023 21:00:00	24:00:00	Static	15000	2275,231	5760
Ponto 01	Ponto 01	19/08/2023 07:52:30	19/08/2023 08:24:23	00:31:53	Static	1000	2275,231	1913
Ponto 02	Ponto 02	19/08/2023 09:38:16	19/08/2023 10:12:16	00:34:00	Static	1000	2275,231	2040
Ponto 03	Ponto 03	19/08/2023 11:17:08	19/08/2023 12:18:11	01:01:03	Static	1000	2275,231	3662
Ponto 09	Ponto 09	19/08/2023 14:23:24	19/08/2023 16:55:48	02:32:24	Static	1000	2275,231	9144

PONTOS DE CONTROLE

Name	Latitude	Std Dev n (m)	Longitude	Std Dev e (m)	Ell.Height (m)	Std Dev u (m)	Std Dev Hz (m)	Code
BRAZ	15°56'50,91123"S	0,001	47°52'40,32834"W	0,001	1106,020	0,001	0,001	
GOGY	16°39'53,02249"S	0,001	49°15'16,82295"W	0,001	734,201	0,008	0,001	
GOUR	14°30'33,21224"S	0,001	49°08'36,90369"W	0,001	516,864	0,003	0,001	

RECEPTOR E ANTENA

Point Name	Receiver	Receiver Vendor	Antenna Type	Antenna Height (m)	Ant Height Method	Antenna Height Vertical (m)	Antenna Height Slant (m)	Antenna Centering Error
BRAZ	5607R50135	Trimble	TRM57971.00 NONE	0,008	Vertical	0,008		0,001
GOGY	5931R40018	Trimble	TRM57971.00 NONE	0,008	Vertical	0,008		0,001
GOUR	4923K35587	Trimble	TRM59800.00 NONE	0,008	Vertical	0,008		0,001
Ponto 01	3399446	Unknown	CHC_J50	1,709	Slant	1,708	1,709	0,001
Ponto 02	3399446	Unknown	CHC_J50	1,741	Slant	1,740	1,741	0,001
Ponto 03	3399446	Unknown	CHC_J50	1,926	Slant	1,925	1,926	0,001
Ponto 09	3399446	Unknown	CHC_J50	1,835	Slant	1,834	1,835	0,001



CABEÇALHO DO PROJETO

Nome do Projeto: **TCC DIA 20.fhp**
 Pasta do Projeto: **E:\CAIO\PROCESSAMENTO DE DADOS TCC\PROCESSAMENTOS**
 Hora da Criação do Projeto: **20/10/2023 16:55:06**
 Criado por: **CAIO**
 Comentários:
 Unidade Linear: **Meters**
 Unidade Angular: **DMS**
 Projeção UTM: **UTMSouth-Zone_22 : 54W to 48W**
 Datum: **SIRGAS**
 Geóide:
 Hora: **E. South America Standard Time**

AJUSTAMENTO

Tipo de Ajustamento: **Plane + Height, Constraint**
 Nível de Confiança: **68 %**
 Número de pontos Ajustados: **6**
 Número de Pontos de Controle Planimétricos: **3**
 Número de Pontos Planimétricos Ponderados: **3**
 Número de vetores GPS usados: **9**
 Plano WVE A posteriori: **0,8468757** , Bounds : (**0,8212457** , **1,151086**)
 Número de Pontos de Controle Altimétricos: **3**
 Número de Pontos de Controle Altimétricos Ponderados: **3**

COORDENADAS GEODÉSICAS

Name	Latitude	Std Dev n (m)	Longitude	Std Dev e (m)	Elevation (m)	Std Dev u (m)
BRAZ	15°56'50,91123"S	0,001	47°52'40,32834"W	0,001	1106,020	0,001
GOGY	16°39'53,02249"S	0,001	49°15'16,82295"W	0,001	734,201	0,008
GOUR	14°30'33,21224"S	0,001	49°08'36,90369"W	0,001	516,864	0,003
Ponto 04	16°26'05,00694"S	0,007	49°01'05,79021"W	0,008	1008,611	0,019
Ponto 05	16°24'04,61783"S	0,007	48°57'22,29260"W	0,009	1119,948	0,017
Ponto 08	16°13'18,51705"S	0,008	48°44'59,85910"W	0,010	1076,850	0,022

COORDENADAS UTM

Name	Grid Northing (m)	Std Dev n (m)	Grid Easting (m)	Std Dev e (m)	Elevation (m)	Std Dev u (m)
BRAZ	8234370,481	0,001	834270,248	0,001	1106,020	0,001
GOGY	8156720,617	0,001	686129,620	0,001	734,201	0,008
GOUR	8395142,484	0,001	700057,274	0,001	516,864	0,003
Ponto 04	8181941,271	0,007	711599,031	0,008	1008,611	0,019
Ponto 05	8185576,577	0,007	716267,594	0,009	1119,948	0,017
Ponto 08	8205209,149	0,008	740520,376	0,010	1076,850	0,022

DESVIO PADRÃO

--

Name	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev Hz (m)	Std Dev u (m)
BRAZ	0,001	0,001	0,001	0,001
GOGY	0,001	0,001	0,001	0,008
GOUR	0,001	0,001	0,001	0,003
Ponto 04	0,007	0,008	0,010	0,019
Ponto 05	0,007	0,009	0,011	0,017
Ponto 08	0,008	0,010	0,013	0,022

FATOR DE ESCALA		
Name	Combined Grid to Ground Scale Factor	Convergence
BRAZ	0,999192324241	-0°51'31,0493"
GOGY	1,000066831019	-0°30'02,3531"
GOUR	0,999986074288	-0°27'54,9153"
Ponto 04	1,000004610852	-0°33'39,1852"
Ponto 05	0,999986633866	-0°34'38,3703"
Ponto 08	0,999853626438	-0°37'43,9212"

PRECISÃO										
Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	North RMS(m)	East RMS(m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)	CorrXY	CorrXZ	CorrYZ
BRAZ-Ponto 04	-52429,207	-122671,231	-97,413	0,018	0,019	0,026	0,049	-0,7390	-0,4654	0,2650
BRAZ-Ponto 05	-48793,901	-116002,661	13,901	0,017	0,019	0,025	0,047	-0,7057	-0,4235	0,5789
BRAZ-Ponto 08	-29161,333	-93749,877	-29,176	0,013	0,017	0,021	0,042	-0,7141	-0,4203	0,5520
GOGY-Ponto 04	25220,656	25469,412	274,388	0,008	0,009	0,012	0,022	-0,7214	-0,4769	0,2583
GOGY-Ponto 05	28855,962	32137,978	385,731	0,009	0,010	0,014	0,026	-0,7020	-0,4178	0,5726
GOGY-Ponto 08	48488,538	54390,761	342,606	0,011	0,014	0,017	0,038	-0,7450	-0,5509	0,6005
GOUR-Ponto 04	-213201,206	11541,783	491,835	0,023	0,041	0,047	0,055	-0,3488	0,0698	0,0707
GOUR-Ponto 05	-209565,916	18210,399	603,136	0,012	0,060	0,061	0,036	0,5725	-0,5973	-0,2191
GOUR-Ponto 08	-189933,358	40463,130	560,015	0,020	0,053	0,057	0,036	0,3766	-0,2339	-0,0779

DISTANCIA, SOLUÇÃO, ORBITA E PDOP									
Name	Distance (m)	Solution Type	Orbit	PDOP	HDOP	VDOP	GPS Satellites	GLONASS Satellites	Status
BRAZ-Ponto 04	133353,746	Fixed,Wide Lane	Precise	1,910	0,915	1,676	12	9	Adjusted
BRAZ-Ponto 05	125796,744	Fixed,Wide Lane	Precise	2,053	1,080	1,746	13	11	Adjusted
BRAZ-Ponto 08	98134,522	Fixed,Wide Lane	Precise	3,017	1,103	2,808	14	10	Adjusted
GOGY-Ponto 04	35846,420	Fixed,Wide Lane	Precise	1,893	0,914	1,658	12	9	Adjusted
GOGY-Ponto 05	43194,948	Fixed,Wide Lane	Precise	1,910	0,970	1,645	13	11	Adjusted
GOGY-Ponto 08	72864,965	Fixed,Wide Lane	Precise	2,834	1,000	2,652	14	10	Adjusted
GOUR-Ponto 04	213503,046	Float,Wide Lane	Precise	1,904	0,913	1,671	12	9	Adjusted

GOUR-Ponto 05	210344,245	Float,Wide Lane	Precise	1,867	0,941	1,613	13	11	Adjusted
GOUR-Ponto 08	194174,052	Float,Wide Lane	Precise	2,901	1,008	2,720	14	10	Adjusted

DURAÇÃO E INTERVALO								
Point Name	Original Name	Start Time	Stop Time	Duration	Method	Interval (msec)	GPS week,day	NEpoch
BRAZ	BRAZ	19/08/2023 21:00:00	20/08/2023 21:00:00	24:00:00	Static	15000	2276,232	5760
GOGY	GOGY	19/08/2023 21:00:00	20/08/2023 21:00:00	24:00:00	Static	15000	2276,232	5760
GOUR	GOUR	19/08/2023 21:00:00	20/08/2023 21:00:00	24:00:00	Static	15000	2276,232	5760
Ponto 04	Ponto 04	20/08/2023 08:18:19	20/08/2023 09:19:17	01:00:58	Static	1000	2276,232	3657
Ponto 05	Ponto 05	20/08/2023 09:52:39	20/08/2023 11:23:52	01:31:13	Static	1000	2276,232	5473
Ponto 08	Ponto 08	20/08/2023 12:44:16	20/08/2023 14:44:43	02:00:27	Static	1000	2276,232	7228

PONTOS DE CONTROLE							
Name	Latitude	Std Dev n (m)	Longitude	Std Dev e (m)	Ell.Height (m)	Std Dev u (m)	Std Dev Hz (m)
BRAZ	15°56'50,91123"S	0,001	47°52'40,32834"W	0,001	1106,020	0,001	0,001
GOGY	16°39'53,02249"S	0,001	49°15'16,82295"W	0,001	734,201	0,008	0,001
GOUR	14°30'33,21224"S	0,001	49°08'36,90369"W	0,001	516,864	0,003	0,001

RECEPTOR E ANTENA							
Point Name	Receiver	Receiver Vendor	Antenna Type	Antenna Height (m)	Ant Height Method	Antenna Height Vertical (m)	Antenna Height Slant (m)
BRAZ	5607R50135	Trimble	TRM57971.00 NONE	0,008	Vertical	0,008	
GOGY	5931R40018	Trimble	TRM57971.00 NONE	0,008	Vertical	0,008	
GOUR	4923K35587	Trimble	TRM59800.00 NONE	0,008	Vertical	0,008	
Ponto 04	3399446	Unknown	CHC_I50	1,898	Slant	1,897	1,898
Ponto 05	3399446	Unknown	CHC_I50	1,859	Slant	1,858	1,859
Ponto 08	3399446	Unknown	CHC_I50	1,915	Slant	1,914	1,915



CABEÇALHO DO PROJETO

Nome do Projeto: TCC DIA 22.fhp
Pasta do Projeto: E:\CAIO\PROCESSAMENTO DE DADOS TCC\PROCESSAMENTOS
Hora da Criação do Projeto: 20/10/2023 17:21:13
Criado por: CAIO
Comentários:
Unidade Linear: Meters
Unidade Angular: DMS
Projeção UTM: UTMSouth-Zone_22 : 54W to 48W
Datum: SIRGAS
Geóide:
Hora: E. South America Standard Time

AJUSTAMENTO

Tipo de Ajustamento: Plane + Height, Constraint
Nível de Confiança: 88 %
Número de pontos Ajustados: 5
Número de Pontos de Controle Planimétricos: 3
Número de Pontos Planimétricos Ponderados: 3
Número de vetores GPS usados: 6
Plano UWE A posteriori: 0,6975368 , Bounds : (0,7778175 , 1,180748)
Número de Pontos de Controle Altimétricos: 3
Número de Pontos de Controle Altimétricos Ponderados: 3

COORDENADAS GEODÉSICAS

Name	Latitude	Std Dev n (m)	Longitude	Std Dev e (m)	Elevation (m)	Std Dev u (m)
BRAZ	15°56'50,91123"S	0,001	47°52'40,32634"W	0,001	1106,020	0,001
GOGY	16°39'53,02249"S	0,001	49°15'16,82295"W	0,001	734,201	0,008
GOUR	14°30'33,21224"S	0,001	49°08'36,90369"W	0,001	516,864	0,003
Ponto 06	16°20'35,94379"S	0,009	48°54'07,15814"W	0,008	1040,640	0,024
Ponto 07	16°18'26,34069"S	0,008	48°49'21,73050"W	0,010	997,740	0,017

COORDENADAS UTM

Name	Grid Northing (m)	Std Dev n (m)	Grid Easting (m)	Std Dev e (m)	Elevation (m)	Std Dev u (m)
BRAZ	8234370,480	0,001	834270,248	0,001	1106,020	0,001
GOGY	8156720,617	0,001	686129,620	0,001	734,201	0,008
GOUR	8395142,484	0,001	700057,274	0,001	516,864	0,003
Ponto 06	8191933,082	0,009	724124,701	0,008	1040,640	0,024
Ponto 07	8195828,859	0,008	732640,522	0,010	997,740	0,017

DESVIO PADRÃO

Name	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev Hz (m)	Std Dev u (m)
BRAZ	0,001	0,001	0,001	0,001

GOGY	0,001	0,001	0,001	0,008
GOUR	0,001	0,001	0,001	0,003
Ponto 06	0,009	0,008	0,012	0,024
Ponto 07	0,008	0,010	0,012	0,017

FATOR DE ESCALA

Name	Combined Grid to Ground Scale Factor	Convergence
BRAZ	0,999192324241	-0°5'31,0493"
GOGY	1,000086831019	-0°30'02,3530"
GOUR	0,999986074288	-0°27'54,9153"
Ponto 06	0,999942144243	-0°35'26,2028"
Ponto 07	0,999887316147	-0°36'41,8967"

PRECISÃO

Name	dN (m)	dE (m)	dH (m)	North RMS(m)	East RMS(m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)	CorrXY	CorrXZ	CorrYZ
BRAZ-Ponto 06	-42437,400	-110145,552	-65,358	0,018	0,016	0,024	0,046	-0,7637	-0,5518	0,4138
BRAZ-Ponto 07	-38541,617	-101629,726	-108,283	0,017	0,017	0,024	0,044	-0,7269	-0,4292	0,5282
GOGY-Ponto 06	35212,466	37995,085	306,416	0,013	0,010	0,016	0,030	-0,7749	-0,5003	0,3348
GOGY-Ponto 07	39108,244	46510,908	263,490	0,012	0,013	0,018	0,033	-0,6979	-0,4269	0,5404
GOUR-Ponto 06	-203209,405	24067,422	523,815	0,023	0,020	0,031	0,061	-0,7875	-0,5783	0,5243
GOUR-Ponto 07	-199313,632	32583,302	480,925	0,012	0,058	0,060	0,035	0,5803	-0,6000	-0,2309

DISTANCIA, SOLUÇÃO, ORBITA E PDOP

Name	Distance (m)	Solution Type	Orbit	PDOP	HDOP	VDOP	GPS Satellites	GLONASS Satellites	Status
BRAZ-Ponto 06	117988,207	Fixed,Wide Lane	Precise	2,083	0,957	1,850	13	10	Adjusted
BRAZ-Ponto 07	108643,507	Fixed,Wide Lane	Precise	1,874	0,951	1,615	14	12	Adjusted
GOGY-Ponto 06	51804,615	Fixed,Wide Lane	Precise	2,091	0,964	1,855	13	10	Adjusted
GOGY-Ponto 07	60767,584	Fixed,Wide Lane	Precise	1,883	0,950	1,626	14	12	Adjusted
GOUR-Ponto 06	204614,475	Fixed,Wide Lane	Precise	2,090	0,960	1,856	13	10	Adjusted
GOUR-Ponto 07	201939,190	Float,Wide Lane	Precise	1,851	0,927	1,602	14	12	Adjusted

DURAÇÃO E INTERVALO

Point Name	Original Name	Start Time	Stop Time	Duration	Method	Interval (msec)	GPS week,day	NEpoch
BRAZ	BRAZ	21/08/2023 21:00:00	22/08/2023 21:00:00	24:00:00	Static	15000	2276,234	5760
GOGY	GOGY	21/08/2023 21:00:00	22/08/2023 21:00:00	24:00:00	Static	15000	2276,234	5760
GOUR	GOUR	21/08/2023 21:00:00	22/08/2023 21:00:00	24:00:00	Static	15000	2276,234	5760
Ponto 06	Ponto 06	22/08/2023 07:32:11	22/08/2023 09:03:30	01:31:19	Static	1000	2276,234	5479
Ponto 07	Ponto 07	22/08/2023 09:28:51	22/08/2023 11:29:29	02:00:38	Static	1000	2276,234	7236

PONTOS DE CONTROLE								
Name	Latitude	Std Dev n (m)	Longitude	Std Dev e (m)	Ell.Height (m)	Std Dev u (m)	Std Dev Hz (m)	Code
BRAZ	15°56'50.91123"S	0,001	47°52'40.32834"W	0,001	1106,020	0,001	0,001	
GOGY	16°39'53.02249"S	0,001	49°15'16.82295"W	0,001	734,201	0,008	0,001	
GOUR	14°30'33.21224"S	0,001	49°08'36.90369"W	0,001	516,864	0,003	0,001	

RECEPTOR E ANTENA								
Point Name	Receiver	Receiver Vendor	Antenna Type	Antenna Height (m)	Ant Height Method	Antenna Height Vertical (m)	Antenna Height Slant (m)	Antenna Centering Error
BRAZ	5607R50135	Trimble	TRM57971.00 NONE	0,008	Vertical	0,008		0,001
GOGY	5931R40018	Trimble	TRM57971.00 NONE	0,008	Vertical	0,008		0,001
GOUR	4923K35587	Trimble	TRM59800.00 NONE	0,008	Vertical	0,008		0,001
Ponto 06	3399446	Unknown	CHC_J50	1,813	Slant	1,812	1,813	0,001
Ponto 07	3399446	Unknown	CHC_J50	1,851	Slant	1,850	1,851	0,001

APÊNDICE B

As imagens a seguir apresentam os relatórios gerados após o levantamento RTK via NTRIP (Autores, 2023).

27/10/2023, 20:59

Exportar Relatório

Resultado

Infor. do Projeto

Nome do Projeto	NTRIP ALINE CAIO
Criado por	Aline
Hora	2023-03-29

Sistema de Coordenadas

Nome do Sistema de Coordenadas:	SIRGAS 2000 _ UTM zone 22S
Elipsóide:	GRS 1980
a:	6378137.0000000
1/f:	298.2572221000
Projeção:	Projeção Transversa de Mercator
Meridiano Central:	051:00:00.00000S
Lat. Origem:	000:00:00.00000E
Fator de Escala:	0.9996
Falso Leste:	500000.0
Falso Norte:	1.0E7

file:///D:/Trabalhos_Da_Faculdade/TCC 1 - Projeto/2-DADOS DO TRABALHO PRÁTICO/NTRIP/Pontos Exportados/LS7_NTRIP ALINE CAIO.html

1/24

27/10/2023, 20:59

Exportar Relatório

Transformação do Datum:

7 Parâmetros	
dX:	0.0000
dY:	0.0000
dZ:	0.0000
rX(Seg):	0.0000
rY(Seg):	0.0000
rZ(Seg):	0.0000
Escala(ppm):	0.000000000000
Plano de Ajustamento:	Nenhum
Altura de Montagem:	Nenhum

Calibração de Pontos

Nenhum

Lista de Locação

Nenhum

Levantar

Ponto com Estação Base

PontoID	1
Nome	base_1

file:///D:/Trabalhos_Da_Faculdade/TCC 1 - Projeto/2-DADOS DO TRABALHO PRÁTICO/NTRIP/Pontos Exportados/LS7_NTRIP ALINE CAIO.html

2/24

Código	
Sistema de Coordenada	NTRIP ALINE CAIO.crd
Formato de Coordenada	Lat/Lon/H WGS84
x	8156720.6167
y	686129.6203
h	734.2091
Lat	016:39:53.02249S
Lon	049:15:16.82295W
H	734.2091
Offset X	0.0000
Offset Y	0.0000
Offset Z	0.0000
Config. Ponto Conhecido	Não
Tempo de Inicialização	225,64

PontoID	2
Nome	1
Código	pt teste
x	8156567.8822
y	686152.8041
h	722.9989
Base	base_1
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	2.0000
Altura Antena Modif.	2.1116
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	1.0735805034637451
Número de Satélites Usados	14
Solução	Fixo
Erro RMS	0.0282
Erro Horizontal	0.0176
Erro Vertical	0.0375
Horário Inicial	2023-08-15 10:03:45
Horário Final	2023-08-15 10:03:49
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Díf.	2.0
Melhor Idade Díf.	1.0
Lat	016:39:57.98408S
Lon	049:15:15.99555W
H	722.9989

PontoID	5
Nome	Ponto 01
Código	TCC
x	8162557.3755
y	691488.7605
h	761.1225
Base	base_1
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.7090
Altura Antena Modif.	1.8160
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	1.0427277088165283
Número de Satélites Usados	14
Solução	Fixo
Erro RMS	0.0310
Erro Horizontal	0.0245
Erro Vertical	0.0384
Horário Inicial	2023-08-19 08:25:42
Horário Final	2023-08-19 08:25:46
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Díf.	2.0
Melhor Idade Díf.	1.0
Lat	016:36:41.62240S
Lon	049:12:17.74540W
H	761.1225

PontoID	6
Nome	Ponto 02
Código	TCC
x	8169645.5825
y	697157.5321
h	775.2040
Base	base_1
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.7410
Altura Antena Modif.	1.8481
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.9467242360115051
Número de Satélites Usados	17
Solução	Fixo
Erro RMS	0.0539
Erro Horizontal	0.0362
Erro Vertical	0.0705
Horário Inicial	2023-08-19 10:22:34
Horário Final	2023-08-19 10:22:38
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	1.0
Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:32:49.39003S
Lon	049:09:08.71093W
H	775.2040

PontoID	8
Nome	Ponto 03
Código	TCC
x	8177262.2864
y	703484.2790
h	780.5657
Base	base_1
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.9260
Altura Antena Modif.	2.0336
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.9625381231307983
Número de Satélites Usados	18
Solução	Fixo
Erro RMS	0.0684
Erro Horizontal	0.0568
Erro Vertical	0.0831
Horário Inicial	2023-08-19 11:14:40
Horário Final	2023-08-19 11:14:44
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	2.0
Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:28:39.72980S
Lon	049:05:37.78626W
H	780.5657

PontoID	10
Nome	Ponto 09
Código	TCC
x	8208488.7688
y	748929.5756
h	1014.0298
Base	base_1
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.8350
Altura Antena Modif.	1.9424
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.902842104434967
Número de Satélites Usados	14
Solução	Fixo
Erro RMS	0.1995
Erro Horizontal	0.1762
Erro Vertical	0.2346
Horário Inicial	2023-08-19 14:11:19
Horário Final	2023-08-19 14:11:23
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	2.0
Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:11:28.81697S
Lon	048:40:18.07645W
H	1014.0298

PontoID	12
Nome	Ponto 04
Código	TCC
x	8181941.2516
y	711599.0156
h	1008.5162
Base	base_1
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.8980
Altura Antena Modif.	2.0055
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.9513410925865173
Número de Satélites Usados	15
Solução	Fixo
Erro RMS	0.0997
Erro Horizontal	0.0804
Erro Vertical	0.1225
Horário Inicial	2023-08-20 08:07:49
Horário Final	2023-08-20 08:07:53
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	2.0
Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:26:05.00758S
Lon	049:01:05.79073W
H	1008.5162

PontoID	14
Nome	Ponto 05
Código	TCC
x	8185576.5604
y	718267.5739
h	1119.8171
Base	base_1
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.8590
Altura Antena Modif.	1.9664
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.9668970704078674
Número de Satélites Usados	18
Solução	Fixo
Erro RMS	0.1174
Erro Horizontal	0.0845
Erro Vertical	0.1506
Horário Inicial	2023-08-20 09:45:06
Horário Final	2023-08-20 09:45:10
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	2.0
Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:24:04.61836S
Lon	048:57:22.29328W
H	1119.8171
Lat	016:24:04.61836S
Lon	048:57:22.29328W
H	1119.8171

PontoID	16
Nome	Ponto 08
Código	TCC
x	8205209.3963
y	740520.6689
h	1076.6064
Base	base_1
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.9150
Altura Antena Modif.	2.0225
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	1.054387092590332
Número de Satélites Usados	17
Solução	Fixo
Erro RMS	0.2218
Erro Horizontal	0.1255
Erro Vertical	0.3011
Horário Inicial	2023-08-20 12:29:53
Horário Final	2023-08-20 12:29:57
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	1.0
Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:13:18.50889S
Lon	048:44:59.84932W
H	1076.6064
Lat	016:13:18.50889S
Lon	048:44:59.84932W
H	1076.6064

Nome	Ponto 06
Código	TCC
x	8191933.0739
y	724124.6833
h	1040.5831
Base	base_1
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.8130
Altura Antena Modif.	1.9203
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.9553515315055847
Número de Satélites Usados	15
Solução	Fixo
Erro RMS	0.1431
Erro Horizontal	0.1053
Erro Vertical	0.1822
Horário Inicial	2023-08-22 07:30:38
Horário Final	2023-08-22 07:30:42
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	1.0

Nome	Ponto 07
Código	TCC
x	8195828.9830
y	732640.6444
h	997.8494
Base	base_1
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.8510
Altura Antena Modif.	1.9584
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.8480262160301208
Número de Satélites Usados	17
Solução	Fixo
Erro RMS	0.2228
Erro Horizontal	0.1770
Erro Vertical	0.2757
Horário Inicial	2023-08-22 09:26:17
Horário Final	2023-08-22 09:26:21
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	2.0

Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:20:35.94407S
Lon	048:54:07.15874W
H	1040.5831

Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:18:26.33660S
Lon	048:49:21.72642W
H	997.8494

27/10/2023, 20:59

Exportar Relatório

Nome	base_2
Código	
Sistema de Coordenada	NTRIP ALINE CAIO.crd
Formato de Coordenada	Lat/Lon/H WGS84
x	8234370.4805
y	834270.2483
h	1106.0281
Lat	015:56:50.91123S
Lon	047:52:40.32834W
H	1106.0281
Offset X	0.0000
Offset Y	0.0000
Offset Z	0.0000
Config. Ponto Conhecido	Não
Tempo de Inicialização	11,75

PontoID	4
Nome	2
Código	pt teste
x	8156567.8581
y	686152.9920
h	723.8958
Base	base_2
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	2.0000
Altura Antena Modif.	2.1116
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.963061511516571
Número de Satélites Usados	15
Solução	Flutuante
Erro RMS	1.8308
Erro Horizontal	1.1816
Erro Vertical	2.4192
Horário Inicial	2023-08-15 10:06:51
Horário Final	2023-08-15 10:06:59
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	2.0
Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:39:57.98481S
Lon	049:15:15.98920W
H	723.8957

PontoID	7
Nome	Ponto 02_braz
Código	TCC
x	8169645.8740
y	697157.6816
h	775.1663
Base	base_2
Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.7410
Altura Antena Modif.	1.8481
Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.9335704445838928
Número de Satélites Usados	17
Solução	Flutuante
Erro RMS	0.5058
Erro Horizontal	0.4092
Erro Vertical	0.6212
Horário Inicial	2023-08-19 10:30:50
Horário Final	2023-08-19 10:30:54
Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	2.0
Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:32:49.38051S
Lon	049:09:08.70598W
H	775.1663

Nome	Ponto 03_Braz	Nome	Ponto 09_braz
Código	TCC	Código	TCC
x	8177262.1942	x	8208488.8123
y	703484.1202	y	748929.5862
h	780.4884	h	1013.8543
Base	base_2	Base	base_2
Tipo de Antena	CHCI50	Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.9260	Altura da Antena	1.8350
Altura Antena Modif.	2.0336	Altura Antena Modif.	1.9424
Método de Levant.	Topográfico	Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.9629955887794495	PDOP	0.8531376123428345
Número de Satélites Usados	17	Número de Satélites Usados	14
Solução	Fixo	Solução	Flutuante
Erro RMS	0.3307	Erro RMS	0.3189
Erro Horizontal	0.2738	Erro Horizontal	0.3055
Erro Vertical	0.4019	Erro Vertical	0.3557
Horário Inicial	2023-08-19 11:15:56	Horário Inicial	2023-08-19 14:22:43
Horário Final	2023-08-19 11:16:00	Horário Final	2023-08-19 14:22:47
Número Observação	5	Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0	Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	2.0	Pior Idade Dif.	2.0
Melhor Idade Dif.	1.0	Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:28:39.73285S	Lat	016:11:28.81555S
Lon	049:05:37.79158W	Lon	048:40:18.07611W
H	780.4884	H	1013.8543

Nome	Ponto 04_Braz	Nome	Ponto 05_Braz
Código	TCC	Código	TCC
x	8181941.2710	x	8185576.6089
y	711599.0868	y	718267.5821
h	1008.6280	h	1119.7949
Base	base_2	Base	base_2
Tipo de Antena	CHCI50	Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.8980	Altura da Antena	1.8590
Altura Antena Modif.	2.0055	Altura Antena Modif.	1.9664
Método de Levant.	Topográfico	Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.9488587975502014	PDOP	1.0049171447753906
Número de Satélites Usados	15	Número de Satélites Usados	18
Solução	Flutuante	Solução	Fixo
Erro RMS	0.4456	Erro RMS	0.3527
Erro Horizontal	0.3778	Erro Horizontal	0.2366
Erro Vertical	0.5354	Erro Vertical	0.4615
Horário Inicial	2023-08-20 08:17:46	Horário Inicial	2023-08-20 09:52:03
Horário Final	2023-08-20 08:17:50	Horário Final	2023-08-20 09:52:07
Número Observação	5	Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0	Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	2.0	Pior Idade Dif.	2.0
Melhor Idade Dif.	1.0	Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:26:05.00692S	Lat	016:24:04.61678S
Lon	049:01:05.78834W	Lon	048:57:22.29302W
H	1008.6280	H	1119.7949

Nome	Ponto 08_Braz	Nome	Ponto 06_braz
Código	TCC	Código	TCC
x	8205209.2766	x	8191933.3787
y	740520.5309	y	724124.6307
h	1077.1265	h	1038.0654
Base	base_2	Base	base_2
Tipo de Antena	CHCI50	Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.9150	Altura da Antena	1.8130
Altura Antena Modif.	2.0225	Altura Antena Modif.	1.9203
Método de Levant.	Topográfico	Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.9191175699234009	PDOP	0.9525134563446045
Número de Satélites Usados	14	Número de Satélites Usados	15
Solução	Flutuante	Solução	Fixo
Erro RMS	0.4060	Erro RMS	0.3148
Erro Horizontal	0.2973	Erro Horizontal	0.2360
Erro Vertical	0.5177	Erro Vertical	0.3983
Horário Inicial	2023-08-20 12:43:38	Horário Inicial	2023-08-22 07:31:37
Horário Final	2023-08-20 12:43:42	Horário Final	2023-08-22 07:31:41
Número Observação	5	Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0	Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	2.0	Pior Idade Dif.	1.0
Melhor Idade Dif.	1.0	Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:13:18.51283S	Lat	016:20:35.93417S
Lon	048:44:59.85392W	Lon	048:54:07.16061W
H	1077.1265	H	1038.0654

Nome	Ponto 07_braz	Nome	Ponto 01_Braz
Código	TCC	Código	TCC
x	8195828.6929	x	8162557.2878
y	732640.3044	y	691488.4745
h	997.5181	h	761.4385
Base	base_2	Base	base_2
Tipo de Antena	CHCI50	Tipo de Antena	CHCI50
Altura da Antena	1.8510	Altura da Antena	1.8000
Altura Antena Modif.	1.9584	Altura Antena Modif.	1.9116
Método de Levant.	Topográfico	Método de Levant.	Topográfico
PDOP	0.8540264964103699	PDOP	1.1546903848648071
Número de Satélites Usados	18	Número de Satélites Usados	15
Solução	Fixo	Solução	Flutuante
Erro RMS	0.2825	Erro RMS	0.6930
Erro Horizontal	0.2279	Erro Horizontal	0.4454
Erro Vertical	0.3473	Erro Vertical	0.9163
Horário Inicial	2023-08-22 09:28:10	Horário Inicial	2023-08-22 12:28:58
Horário Final	2023-08-22 09:28:14	Horário Final	2023-08-22 12:29:02
Número Observação	5	Número Observação	5
Másc. de Elevação	10.0	Másc. de Elevação	10.0
Pior Idade Dif.	2.0	Pior Idade Dif.	2.0
Melhor Idade Dif.	1.0	Melhor Idade Dif.	1.0
Lat	016:18:26.34615S	Lat	016:36:41.62533S
Lon	048:49:21.73777W	Lon	049:12:17.75502W
H	997.5181	H	761.4385

APÊNDICE C

As imagens a seguir apresentam as fotos registradas durante o levantamento, do ponto 01 ao 09, respectivamente.

PONTO 01

Levantamento do Ponto 01



Fonte: Os Autores 2023

PONTO 02

Levantamento do Ponto 02



Fonte: Os Autores 2023

PONTO 03

Marco - Ponto 03



Fonte: Os Autores 2023

PONTO 04

Levantamento Ponto 04



Fonte: Os Autores 2023

PONTO 05

Levantamento Ponto 05



Fonte: Os Autores 2023

PONTO 06

Levantamento do Ponto 06



Fonte: Os Autores 2023

PONTO 07

Levantamento do Ponto 07



Fonte: Os Autores 2023

PONTO 08

Levantamento do Ponto 08



Fonte: Os Autores 2023

PONTO 09

Levantamento do Ponto 09



Fonte: Os Autores 2023