

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CAMPUS MONTE CARMELO
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E
CARTOGRÁFICA - IG**

CAMILA BARBOZA DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA PRECISÃO POSICIONAL NO GEORREFERENCIAMENTO DE
IMÓVEIS RURAIS POR MEIO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE
PROCESSAMENTO DE DADOS GNSS.**

Monte Carmelo
2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CAMPUS MONTE CARMELO
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E
CARTOGRÁFICA - IG**

CAMILA BARBOZA DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA PRECISÃO POSICIONAL NO GEORREFERENCIAMENTO DE
IMÓVEIS RURAIS POR MEIO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE
PROCESSAMENTO DE DADOS GNSS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do título de Engenheira Agrimensora e Cartógrafa.

Orientador: Prof. Msc. Vinícius Francisco Rofatto

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CAMPUS MONTE CARMELO
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E
CARTOGRÁFICA - IG**

**AVALIAÇÃO DA PRECISÃO POSICIONAL NO GEORREFERENCIAMENTO DE
IMÓVEIS RURAIS POR MEIO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE
PROCESSAMENTO DE DADOS GNSS.**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para
obtenção do título de Engenheira Agrimensora e
Cartógrafa do Instituto de Geografia da
Universidade Federal de Uberlândia (MG), pela
banca examinadora formada por:

Monte Carmelo, 08 de dezembro de 2015.

Prof. Msc. Vinicius Francisco Rofatto, UFU/MG

Prof. Dr. Gabriel do Nascimento Guimarães, UFU/MG

Prof. Dr. Marcelo Tomio Matsuoka, UFU/MG

À Deus.

Aos meus pais Edmilson e Ana, minhas irmãs Amanda e Naiara.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu a vida e a oportunidade de fortalecer minha fé, guiando-me com coragem, esperança, saúde, humildade e proteção através de inúmeras dificuldades que me foram apresentadas durante essa jornada.

Aos meus pais pelo apoio, suporte, calma, amor e por acreditarem no meu potencial, sem eles nada disso seria possível e as minhas irmãs Amanda e Naiara pela amizade e força.

Por sua fundamental e orientadora participação neste trabalho, agradeço ao meu orientador, o professor mestre Vinícius Francisco Rofatto pela paciência, dedicação e sabedoria demonstrados ao longo desses meses.

Aos motoristas da UFU Tiagão, Samuel e Zé Maria pelo auxílio nos três dias de levantamento de campo. Ao Técnico Valdinei por ter auxiliado e colaborado durante a materialização dos vértices. A professora Greice e o professor Cleiton por terem cedido um espaço na Kombi e permitido o deslocamento até a Fazenda Juliana.

Agradeço ao meu amigo-irmão, Fabrício Rosa Amorim pelos cinco anos de companheirismo, fidelidade, paciência, conselhos, festas, risadas e piadas. Pelos três anos e meio de moradia compartilhada e pela colaboração na realização deste trabalho. *“Amigo velho, eu te desejo sorte, te desejo tudo de bom, tô com você até a morte. Eu sei você faria o mesmo”*.

Agradeço ao meu amigo de graduação, Rafael Augusto Fernandes pelo apoio e amizade, pelos estudos, festas, churrascos, respeito e admiração. *“Amigo é coisa pra se guardar do lado esquerdo do peito, debaixo de sete chaves”*.

Aos meus amigos de Bueno Brandão/MG, Rafael Lino dos Santos, Clara Constantini Rosa, Marília Ramalho de Sousa, Jerusa Gomes, Renata Suzi Gomes, Thamires Moreira Borges, Lucas Constantini, Bruno Ramalho (*in memoriam*), que apesar da distância me fazem ter certeza que amigos verdadeiros são pra vida toda.

Aos meus amigos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, William Cezário dos Santos e Priscila Rodrigues, pela amizade verdadeira que prevaleceu mesmo depois de tanto tempo sem nos encontrar, por todas as conversas pelo telefone e mensagens enviadas, pelos conselhos e por me fazerem rir como ninguém assim como nos velhos tempos de IF Sul de Minas.

A todos que colaboraram com a realização deste trabalho de conclusão de curso.

“Antes de ser um excelente profissional, seja um bom ser humano”.

Autor Desconhecido

RESUMO

A posse de terra sempre foi e ainda é um tema bastante discutido no Brasil. A Lei 10.267, de 28 de agosto de 2001, trouxe grandes avanços para a questão agrária brasileira, pois altera o Sistema Público de Registro de Terras e cria o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR). Desde então, as coordenadas dos vértices do limite dos imóveis rurais devem estar georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e com precisão posicional estabelecida pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). Para a determinação inequívoca e precisa das coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis são utilizados métodos de posicionamento por satélites e convencionais. Com relação aos métodos de posicionamento geodésicos utilizando os sistemas GNSS (*Global Navigation Satellite System*), têm-se o método de PPP (Posicionamento Preciso por Ponto) e o Relativo. Este trabalho buscou avaliar o desempenho do PPP com diversos tempos de coleta de dados e o impacto da integração GPS/GLONASS na determinação dos vértices de apoio. Ao final, verificou-se que o uso de efemérides transmitidas é capaz de atingir a exigência de precisão da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR). Notou-se que as observações GLONASS apresentam influência relevante no posicionamento, porém as observações GPS quando utilizadas sem as observações GLONASS, são capazes de proporcionar precisões melhores que 0,1 m, atendendo a NTGIR. O PPP também apresentou precisão menor que 0,1 m na determinação dos pontos de apoio. Para os pontos limítrofes da área do imóvel, o método relativo estático foi utilizado considerando as seguintes estratégias de processamento: emprego de cada ponto de apoio independentemente, emprego dos dois vértices de apoio simultaneamente e emprego da frequência L1 e L1/L2 com diversos tempos de coleta de dados. Os experimentos resultaram em precisões melhores que 0,5 m quando processados em relação a dois vértices de apoio e também em relação a um vértice de apoio. Nas sessões de observação dos vértices do limite considerando simples e dupla frequência, em todos os casos as precisões foram melhores que 50 centímetros, exceto no processamento utilizando simples frequência com cinco minutos de coleta de dados.

Palavras Chave: Georreferenciamento, imóveis rurais, GNSS, planejamento, métodos de posicionamento, Relativo, PPP.

ABSTRACT

Land tenure has been an important issue in Brazil. Law 10.267 of August 28th, 2001, has brought important steps forward for the Brazilian agrarian issue as it changes the Public System of Land Registry and creates the National Registry of Rural Property. Since then, coordinates of the vertices from rural properties should be georeferenced to the Brazilian Geodetic System (SGB) and the positional accuracy established by INCRA (National Institute of Colonization and Agrarian Reform). Positioning methods used by satellites as well as conventional methods are used in order to gain accurate coordinates of the vertices. Regarding the geodetic positioning methods using the GNSS (Global Navigation Satellite System), the PPP method (Precise Point Positioning) and the Relative method have been applied. This project has evaluated the PPP performance according to different data collection times, and the impact of integration on GPS / GLONASS in determining support vertices. Finally, it was found that the use of broadcast ephemeris is able to achieve the required accuracy established by Technical Standard for the Georeferencing of Rural Properties (NTGIR). It was noted that the GLONASS observations have important influence in the positioning; however, when GPS observations are used without GLONASS observations, it provides an accuracy better than 0.1m, with respect to the NTGIR. Moreover, the PPP method presents an accuracy less than 0.1m in determining support vertices. The static relative method was applied in order to establish the boundary points of the area, and some strategies were taken: use of support points independently, use of support vertices simultaneously, and use of frequency L1 and L1 / L2 according to different data collection times. The work presents an accuracy better than 0.5 when it is processed with two support vertices, or with just one support vertex. In the sessions observing the limit of the vertices considering single and dual frequency, in all cases the precision was better than 50 cm, except when processing using a simple frequency with five minutes of data collection.

Key words: Georeferencing, Rural properties, GNSS, planning, positioning methods, Relative, PPP.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Princípio do Posicionamento Relativo	36
FIGURA 2	Localização da área teste	39
FIGURA 3	Planejamento de distribuição dos vértices	41
FIGURA 4	Vértice que sofreu maior obstrução de sinal	41
FIGURA 5	Cálculo do ângulo de elevação	42
FIGURA 6	Definição da obstrução do sinal	42
FIGURA 7	Número de satélites disponíveis	43
FIGURA 8	DOPs	44
FIGURA 9	Informações da Ionosfera	44
FIGURA 10	Linhas bases formadas entre os vértices de apoio e as estações de referência	49
FIGURA 11	Linhas bases para as diversas sessões de levantamento	49
FIGURA 12	Precisão do vértice de apoio BASE 1	50
FIGURA 13	Precisão do vértice de apoio básico BASE 2	51
FIGURA 14	Precisão do vértice de apoio básico BASE 1 obtida pelo PPP	51
FIGURA 15	Precisão do vértice de apoio básico BASE 2 obtida pelo PPP	52
FIGURA 16	Discrepância do vértice de apoio BASE 1 obtidas pelo método de posicionamento Relativo Estático e PPP	54
FIGURA 17	Discrepância do vértice de apoio BASE 2 obtidas pelo método de posicionamento Relativo Estático e PPP	55
FIGURA 18	Desvio padrão da BASE 1 no PPP com frequência L1	57
FIGURA 19	Desvio padrão da BASE 2 no PPP com frequência L1	57
FIGURA 20	Desvio padrão encontrado para BASE 1 no PPP com frequência L1/L2 ..	61
FIGURA 21	Desvio padrão encontrado para BASE 2 no PPP com frequência L1/L2	61
FIGURA 22	Linhas base processadas em relação a dois vértices de apoio	65
FIGURA 23	Linhas base processadas em relação ao vértice de apoio BASE 1	67
FIGURA 24	Linhas base processadas em relação ao vértice de apoio BASE 2	67
FIGURA 25	Desvio padrão dos vértices de limite com 5 min de rastreo considerando simples e dupla frequência	70
FIGURA 26	Desvio padrão dos vértices de limite com 10 min de rastreo considerando simples e dupla frequência	72

FIGURA 27	Desvio padrão dos vértices de limite com 20 min de rastreo considerando simples e dupla frequência	74
FIGURA 28	Desvio padrão dos vértices de limite com 30 min de rastreo considerando simples e dupla frequência	76
FIGURA 29	Planilha de Informações cadastrais/SIGEF	78
FIGURA 30	Tabela de informações do perímetro/SIGEF	79

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Prazos para realização do Georreferenciamento de Imóveis Rurais	23
TABELA 2	Classificação de vértices quanto à finalidade, precisão e tipo	24
TABELA 3	Classificação de tipos de vértice quanto à materialização	24
TABELA 4	Estratégias de processamento dos vértices de apoio	46
TABELA 5	Estratégias de processamento dos vértices limítrofes	47
TABELA 6	Tempo de coleta de dados nos vértices de apoio	49
TABELA 7	Coordenadas dos vértices de apoio com probabilidade de 2σ	53
TABELA 8	Melhoria obtida com observações GLONASS	54
TABELA 9	Discrepância das coordenadas	55
TABELA 10	Melhor resultado da análise anterior	56
TABELA 11	PPP dos vértices de apoio com frequência L1	58
TABELA 12	Discrepância entre as coordenadas do vértice de apoio na frequência L1	59
TABELA 13	Melhor resultado obtido na análise 1	61
TABELA 14	PPP dos vértices de apoio com frequência L1/L2	62
TABELA 15	Discrepância entre as coordenadas do vértice de apoio na frequência L1/L2	63
TABELA 16	Coordenadas utilizadas no processamento dos vértices limites	63
TABELA 17	Coordenadas dos vértices de limite a partir dos vértices de apoio BASE 1 e BASE 2	65
TABELA 18	Coordenadas dos vértices de limite a partir do vértice de apoio BASE 1 .	67
TABELA 19	Coordenadas dos vértices de limite a partir do vértice de apoio BASE 2 .	68
TABELA 20	Coordenadas do vértice de apoio utilizadas no processamento dos vértices limítrofes	69
TABELA 21	Coordenadas dos vértices de limite com 5 minutos de rastreo considerando dupla frequência	70
TABELA 22	Coordenadas dos vértices de limite com 5 minutos de rastreo considerando simples frequência	71
TABELA 23	Coordenadas dos vértices de limite com 10 minutos de rastreo considerando dupla frequência	72
TABELA 24	Coordenadas dos vértices de limite com 10 minutos de rastreo considerando simples frequência	73

TABELA 25	Coordenadas dos vértices de limite com 20 minutos de rastreo considerando dupla frequência	74
TABELA 26	Coordenadas dos vértices de limite com 20 minutos de rastreo considerando simples frequência	75
TABELA 27	Coordenadas dos vértices de limite com 30 minutos de rastreo considerando dupla frequência	76
TABELA 28	Coordenadas dos vértices de limite com 30 minutos de rastreo considerando simples frequência	77

LISTA DE SIGLAS

APPS	<i>Automatic Precise Positioning Service</i>
CCIR	Certificado de Cadastro de Imóvel Rural
CNIR	Cadastro Nacional de Imóveis Rurais
CSRS	<i>Canadian Spatial Reference System</i>
DGPS	<i>Differential GPS</i>
DOP	<i>Dilution of precision</i>
FDMA	<i>Frequency Division Multiple Access</i>
GAPS	<i>GPS Analysis and Positioning Software</i>
GBAS	<i>Ground Based Augmentation System</i>
GPS	<i>Global Positioning System – Sistema de Posicionamento Global</i>
GLONASS	<i>Global'naya Navigatsionnaya Sputnikowaya Sistema</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGS	Serviço Internacional GPS para Geodinâmica
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ITRF	<i>International Terrestrial Reference Frame</i>
MMQ	Método dos Mínimos Quadrados
NRCan	<i>Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada</i>
NTGIR	Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais
PPP	Posicionamento por Ponto Preciso
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
RINEX	<i>Receiver Independent Exchange Format</i>
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
SAD	<i>South American Datum</i>
SBAS	<i>Satellite Based Augmentation System</i>
SIGEF	Sistema de Gestão Fundiária
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SNCR	Sistema Nacional de Cadastro Rural
UTM	Universal Transverso de Mercator
WGS	<i>World Geodetic System</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivos	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.2	Justificativas	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	Registro de Imóveis	19
2.2	Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR)	19
2.3	Integração entre o CNIR e o Registro de Imóveis Rurais	20
2.4	Lei 10.267/2001 e seus Decretos	20
2.4.1	Georreferenciamento de Imóveis Rurais	23
2.4.2	Certificação	25
2.5	Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)	26
2.6	Métodos de Levantamento Aplicados ao Georreferenciamento de Imóveis Rurais	27
2.6.1	GNSS	27
2.6.1.1	Sistema de Posicionamento Global (GPS)	28
2.6.1.2	GLONASS	32
2.6.2	Métodos de Posicionamento	33
2.6.2.1	Posicionamento Preciso por Ponto (PPP)	33
2.6.2.2	Posicionamento Relativo Estático	35
3	MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1	Área Teste	39
3.2	Dados, Equipamentos e Softwares	40
3.3	Planejamento	40
3.4	Levantamento	45
3.5	Estratégias de Processamento	45
3.5.1	Determinação das Coordenadas dos Vértices de Apoio	45
3.5.2	Determinação dos Pontos Limítrofes	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1	Determinação dos Pontos de Apoio Básico	48
4.1.1	Análise da integração GPS/GLONASS na determinação dos vértices de apoio	48

4.1.2	Análise do PPP na determinação dos vértices de apoio com diversos tempos de coleta de dados	55
4.2	Determinação dos Vértices Limites	63
4.2.1	Análise dos vértices de limite a partir de dois vértices de apoio e um vértice de apoio	64
4.2.2	Análise dos vértices de limite a partir de diversos tempos de rastreo considerando simples e dupla frequência	69
4.3	Mapa	78
5	CUSTOS DO PROJETO	80
6	CONSIDERAÇÕES, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	81
	REFERÊNCIAS	83
	APÊNDICE A - Localização da área teste	86
	APÊNDICE B - Mapa	87
	APÊNDICE C – Memorial Descritivo	88
	APÊNDICE D - Custo Real do Projeto	90
	APÊNDICE E - Custo Simulado do projeto	91
	ANEXO A – Descritivo Estação MGUB	92
	ANEXO B – Descritivo Estação MGRP	94

1. INTRODUÇÃO

O georreferenciamento de imóveis rurais consiste na descrição de pontos limítrofes de propriedades rurais por meio de suas características e posições para sua validação, onde os vértices pré-determinados conjuntura um mapa ao qual é referenciado ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), de acordo com determinações da lei federal 10.267/2001. Preconizada por essa lei, a NTGIR (Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais) estabelece metodologias a serem empregadas durante o posicionamento (absoluto e/ou relativo) aliadas à precisão e tempo de rastreamento delas.

Com o avanço das tecnologias, as técnicas de posicionamento e seu registro formal evoluíram conjuntamente. Os documentos antes enviados ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) – órgão regulador, fiscalizador e gestor da reforma agrária – por meio de papéis impressos, atualmente, são anexados na plataforma online do Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF) através de planilhas eletrônicas, o qual permite a certificação dos imóveis de maneira mais rápida e durável desses dados, contudo, os proprietários certificadores possuem uma ferramenta otimizada para atribuir a certificação dos seus imóveis rurais.

Para a determinação inequívoca e precisa das coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis são utilizados métodos de posicionamento por satélites e convencionais. Com relação aos métodos de posicionamento geodésicos utilizando os sistemas GNSS (*Global Navigation Satellite System*), têm-se o método de Posicionamento Preciso por Ponto (PPP) e o Relativo, os quais foram utilizados no desenvolvimento deste trabalho. Dentre os sistemas que compõem o GNSS pode-se destacar o GPS (*Global Positioning System*) e o GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*).

Assim, com o desenvolvimento de novos sistemas e a modernização dos já existentes, os levantamentos utilizando receptores GNSS permitem diversas estratégias de coleta e processamento de dados. Assim, torna-se necessário analisar possíveis obstruções de sinais, ter conhecimento prévio das condições ionosféricas, entre outros fatores que afetam na qualidade do sinal. Contudo, este trabalho consiste na simulação do georreferenciamento de um imóvel rural, utilizando diversas estratégias de processamento de dados GNSS, considerando as exigências feitas pela NTGIR, buscando, acima de tudo, alcançar as precisões estipuladas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Como objetivo geral o presente trabalho busca executar o levantamento GNSS de uma área teste para efetuar a simulação de todo procedimento utilizado na certificação de Imóveis Rurais tendo em vista a 3ª Edição da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

1.1.2. Objetivos Específicos

O objetivo específico do trabalho pode ser contemplado nos seguintes itens:

- Avaliar o impacto da integração GPS/GLONASS visando o georreferenciamento de imóveis rurais;
- Avaliar o desempenho do PPP para diferentes sessões de levantamento: 10 min, 30 min, 1h, 2h, 3h e 6h utilizando dados de simples frequência (L1) e dupla frequência (L1/L2);
- Avaliar o método de posicionamento Relativo Estático e Estático Rápido, considerando simples e dupla frequência com diversos tempos de coleta: 5 min, 10 min, 20 min e 30 min.

1.2. Justificativas

O georreferenciamento é uma ferramenta eficaz para efetuar a regularização fundiária que ainda existe em grandes porções territoriais do Brasil, é um importante serviço para a adequação ambiental e financiamentos bancários, entre outros programas que o exigem para liberar verbas ao produtor rural.

Além disso, o lançamento de novos satélites GLONASS e a modernização do GPS com novos sinais disponibiliza uma quantidade maior de observáveis para os usuários. Isso desperta nos usuários maior interesse em utilizar receptores que rastreiem sinais de diferentes sistemas, para tanto se torna necessário estudos que comprovem a eficácia dessa inovação.

A análise de coordenadas e suas precisões também são importantes levando em consideração diversos tempos de coleta de dados, obstrução de sinal, receptores de simples e dupla frequência, efeitos ionosférico, visto que, os dados foram coletados em uma época de

alta atividade solar, entre outros. Aspectos que influenciam na obtenção das coordenadas e devem ser analisados.

Por fim, destaca-se que o estudo pode contribuir com a logística em trabalhos futuros, permitindo aos usuários ter conhecimento da viabilidade de se utilizar ou não diferentes sistemas e novos sinais, além de fornecer subsídios para o aprimoramento da Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Registro de Imóveis

Registros Públicos são instituições legais, organismos técnicos de caráter público, que anotam e publicam atos ou fatos (AZEVEDO, 1976), notificando a coletividade sobre aqueles que lhes são de interesse geral. Eles tanto são meio de conservação de documentos, quanto são meios de prova especial, que tem como essência a publicidade, uma forma de notificação pública (LOPES, 1996).

Os Registros Públicos é a forma pela qual se comprova o domínio e são necessários para regularizar o direito de propriedade. Não serve somente para comprovar os direitos de propriedade referente aos bens imóveis, mas também de todos os registros referentes a pessoas naturais e jurídicas; registro de títulos e documentos.

O Registro de Imóveis, em sendo o registro público destinado ao assentamento de bens imóveis (DINIZ, 2007), notifica à coletividade da constituição, modificação ou extinção de direitos e de ônus reais sobre imóveis e seus proprietários, situados dentro de determinada circunscrição territorial, outorgando prioridades, atribuindo domínio titulado e dando publicidade aos atos nele registrados (AZEVEDO, 1976).

2.2. Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR)

Para garantir seu domínio, o proprietário deve registrar seu imóvel no Registro de Imóveis do local, e além disso, é preciso realizar o cadastro do imóvel rural. Segundo Silva (1982), o cadastro é uma radiografia da estrutura agrária de um país. O cadastro é um armazém de informações referentes aos imóveis do país, onde são descritas informações econômicas, financeiras, sociais e jurídicos do imóvel, do proprietário e da produção.

O cadastro foi criado pelo Estatuto da Terra, a fim de esclarecer os direitos e deveres referentes aos imóveis rurais, atendendo a realização da reforma agrária e de políticas agrícolas.

Após o Estatuto da Terra, a Lei nº 5.868 de 1972 criou o Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR), que abrange quatro espécies de cadastros, sendo elas: Cadastro Nacional de Imóveis Rurais, Cadastro de Proprietários e Detentores de Imóveis Rurais, Cadastro de Arrendatários e de Parceiros Rurais, Cadastro de Terras Públicas e Cadastro Nacional de Florestas Públicas.

O Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) é o mais importante para o presente trabalho, visto que é necessária a troca de informações entre o Cadastro Rural feito pelo INCRA e o Registro de Imóveis.

2.3. Integração entre o CNIR e o Registro de Imóveis Rurais

A Lei 10.267/2001 exige uma integração entre o Cadastro e o Registro, embora ambos possuam finalidades distintas. O Cadastro tem a principal função de executar a medição das parcelas, já o Registro estabelece a garantia das transações imobiliárias, a atualização de informações, dentre outros (CARNEIRO, 2003).

Para realizar a integração entre INCRA e Registro de Imóveis, é necessário que o profissional habilitado contratado pelo proprietário do imóvel rural envie ao INCRA uma planilha contendo as coordenadas de todos os pontos referente à descrição perimétrica do imóvel, para que o INCRA certifique, através do SIGEF, que tal imóvel não se sobrepõe a outro e, caso não sobreponha, então o imóvel passa a fazer parte de seu sistema nacional. Se o sistema não acusa conflito com outros imóveis, o INCRA emite certificado do memorial e da planta. Com a planta e memorial descritivo certificados, juntamente com a declaração de concordância dos confrontantes com os limites demarcados, o proprietário os apresenta ao Registro de Imóveis, o qual verificará se o que foi apresentado corresponde com as informações contidas nas matrículas vizinhas e transcreverá o memorial para a matrícula do imóvel. O novo memorial substituirá a matrícula anterior, independente das diferenças de medidas existentes e em seguida o Oficial de Registro comunicará ao INCRA as mudanças objetivas e subjetivas envolvendo os imóveis. Então, o INCRA atribuirá a cada imóvel um novo número cadastral e o informará ao registro imobiliário, o qual realizará uma averbação na matrícula, incluindo o novo número de cadastro, completando assim o procedimento de comunicação entre os dois órgãos (PAIVA, 2008).

2.4. Lei 10.267/2001 e seus Decretos

A história se inicia em 1500 com a descoberta do Brasil, onde todas as terras do território passaram ao domínio público. O Rei então instituiu a propriedade privada e efetuava doações às pessoas através de cartas de sesmarias, com o intuito de estimular a ocupação do território, porém não transferia o domínio pleno das Capitâneas. As terras doadas e não cultivadas, retornavam ao domínio público (DINIZ, 2007). A sesmarias funcionou até a

Independência do Brasil, entre 1822 e 1850 identificou-se uma falha na legislação sobre terras, onde deu-se início a ocupação por meio de posse, sem qualquer título (CARVALHO, 1976).

Em 1850, a Lei nº 601 e seu regulamento nº 1.318 definiu-se como a primeira lei de terras do Império, diferenciando os bens públicos dos particulares, atestando a posse sobre aquelas propriedades que fossem levadas ao “registro do vigário”, assim conhecido, pois era realizado pelos vigários no livro da Paróquia Católica. O registro era obrigatório para quem possuísse terras devolutas (DINIZ, 2007). O registro paroquial não realizava a transferência da propriedade, também não tinha o caráter publicitário, deixando frestas para possíveis reivindicações.

Com o passar o tempo, devido a falta de registros, o crédito começou a ficar comprometido e via-se a necessidade de uma regularização da situação. Em 1864, a Lei nº 1.237, criou o Registro Geral, que não apresentava um sistema de registro completo, porém já era considerado um grande avanço em sua formalização. A partir de então, passou a ser exigido a escritura pública com título da transmissão de imóveis entre vivos e como título para a constituição de ônus reais (AZEVEDO, 1976).

Em 1890, a Lei nº 1.237 foi substituída pelo decreto nº 169-A, o qual inovou ao consagrar o princípio da especialização e, no tocante às brechas deixadas pela Lei Imperial.

Em 1917, o registro imobiliário passou a ser denominado Registro de Imóveis ao invés de Registro Geral e se tornou uma instituição pública, com a função de efetuar a transferência do domínio (DINIZ, 2007), consagrando o princípio de que a propriedade imóvel se adquire pelo registro (AZEVEDO, 1976).

Com intuito de reorganizar e complementar os registros públicos, o Decreto nº 4.827 de 1924 e seu regulamento nº 4.857 de 1939, certificou autonomia para a atividade registral em geral e separou da legislação civil a matéria dos cartórios.

De acordo com Carvalho (1976):

Após esse regulamento, houve em 1947 uma tentativa de reforma do Registro de Imóveis, mediante a instituição do livro fundiário e do cadastro, mas, inserida em capítulo de Lei Agrária, malogrou, porque não teve andamento no Congresso Nacional o projeto oficial (...).

Surgiu então a tentativa de substituir o decreto de 1939, pelo decreto-lei nº 1.000 de 1969, o qual foi revogado, pois sua legislação foi considerada inaplicável.

Para substituir a lei revogada, criou-se a Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, denominada de Lei dos Registros Públicos, atualmente vigente, com modificações. Essa lei buscou simplificar e unificou os termos “inscrição” e “transcrição”, responsáveis por caracterizar o ingresso de direitos e garantias ao registro, como simplesmente “registro” (CARVALHO, 1976). Outra novidade trazida pela lei foi a matrícula, cuja é responsável pela identificação das partes e do imóvel (DINIZ, 2007).

A Lei 10.267, entrou em vigor dia 29 de agosto de 2001 e trouxe alterações ao art. 176, § 1º, 3, da Lei de Registros Públicos (CENEVIVA, 2005). Essa Lei não trata de um tema específico, ou de uma legislação independente, simplesmente alterou dispositivos de outras leis (CARNEIRO, 2003). Em 2002, regulamentando a lei 10.267, o Decreto 4.449, altera dispositivos das Leis nº 4.947, de 6 de abril de 1966; 5.868, de 12 de dezembro de 1972; 6.015, de 31 de dezembro de 1973; 6.739, de 5 de dezembro de 1979; e 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências.

Devido à má elaboração dos prazos, mais tarde, o Poder Executivo alterou-o em seu Art. 10 através do decreto 5.570/05. Embora esse decreto tenha tido como principal foco a correção dos prazos, isso não impediu que outros dispositivos da Lei fossem melhorados, dentre eles a obrigatoriedade da realização do georreferenciamento em casos de desmembramento, remembramento e transferência de propriedade.

Art. 10, § 2º Após os prazos assinalados nos incisos I a IV do caput, fica defeso ao oficial do registro de imóveis a prática dos seguintes atos registrares envolvendo as áreas rurais de que tratam aqueles incisos, até que seja feita a identificação do imóvel na forma prevista neste Decreto:

I - desmembramento, parcelamento ou remembramento;

II - transferência de área total;

III - criação ou alteração da descrição do imóvel, resultante de qualquer procedimento judicial ou administrativo.

Em 2011, o Decreto nº 7.620 altera o Art. 10 do Decreto nº 4.449/02, que regulamenta a Lei nº 10.267/01, buscando, mais uma vez, corrigir os prazos (Tabela 1).

TABELA 1 – Prazos para realização do Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

Área do Imóvel Rural	Prazo para Realização
250 ha – 500 ha	20/11/2013
100 ha – 250 ha	20/11/2016
25 ha – 100 ha	20/11/2019
Abaixo de 25 ha	20/11/2023

Fonte: Adaptado do Decreto n° 7.620 (2011).

Mais tarde, em 23 de agosto de 2013, a Instrução Normativa n° 77, regulamenta o procedimento de certificação da poligonal, objeto de memorial descritivo de imóveis rurais a que se refere o § 5° do art. 176 da Lei n° 6.015 de dezembro de 1973 (INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 77, 2013). Ainda em 2013, no dia 2 de setembro, a portaria n° 486 homologa a 3ª edição da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, juntamente com os Manuais Técnicos de Posicionamento e Limites e Confrontações (PORTARIA N° 486, 2013).

Ao longo dos anos, foram várias as alterações e modificações realizadas na Lei referente ao georreferenciamento de imóveis rurais, buscando uma forma clara e simplificada de representação dos limites das propriedades rurais no Brasil. Atualmente, encontra-se em vigor a 3ª edição da Norma Técnica juntamente com os seus manuais Técnicos que serão comentados no próximo capítulo.

2.4.1. Georreferenciamento de Imóveis Rurais

O Georreferenciamento é uma exigência legal trazida pela Lei n° 10.267/2001 e consiste na descrição do limite do imóvel, seu uso não é exclusivo para atendimento da exigência trazida pela referida lei, podendo ser realizado por iniciativa particular dos proprietários que tenham interesse em obter o limite preciso de sua propriedade. Sua realização deve ser feita de acordo com a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR). A Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais é a responsável pela padronização de todos os levantamentos realizados para certificação no INCRA a fim de estabelecer um melhor entendimento entre os profissionais que atuam na área. Como a NTGIR encontra-se em sua 3ª edição, neste capítulo será feita uma breve análise das modificações que ocorreram entre uma edição e outra.

A 2ª edição da NTGIR, por exemplo, expandiu e atualizou os métodos de levantamento, possibilitando maior celeridade no trabalho de campo e definiu diferentes

precisões no levantamento de acordo com as condições *in loco* (NTGIR 2ª EDIÇÃO, 2010). Desta forma, a Norma se adequa melhor a realidade de campo e permite flexibilidade na determinação das coordenadas dos vértices que compõem o perímetro do imóvel, facilitando a determinação deste perímetro. A Norma também substituiu a Declaração de Reconhecimento de Limites pela Declaração de Respeitos de Limites. Na primeira, havia obrigatoriedade de assinatura e reconhecimento de firma por parte de todos os confrontantes (NTGIR 1ª EDIÇÃO, 2002). Na segunda, somente o proprietário do imóvel objeto de certificação e o profissional contratado para o serviço de Georreferenciamento assinam uma declaração – registrada em cartório de títulos e documentos – de que todos os limites dos confrontantes foram respeitados. A 2ª edição trouxe ainda novidades como, por exemplo, novas classes de vértices (Tabela 2), novos tipos de vértices (Tabela 3) e autorização para medição de vértices inacessíveis.

TABELA 2 – Classificação de vértices quanto à finalidade, precisão e tipo.

CLASSE	FINALIDADE	PRECISÃO 1σ (m)	TIPO
C1	Apoio básico / Apoio imediato / Limite	$\leq 0,10$	M
C2	Apoio imediato / Limite	$\leq 0,20$	M
C3	Desenvolvimento de poligonal / Limite	$\leq 0,40$	M, P
C4	Limite	$\leq 0,50$	M, P, V, O
C5	Limites naturais	$\leq 2,00$	P, V, O
C7	Limite – USO RESTRITO	*	

Fonte: Adaptado de 2ª NTGIR (2010).

TABELA 3 – Classificação de tipos de vértice quanto à materialização.

TIPO	MATERIALIZAÇÃO
M	Vértice materializado, medido e codificado em campo
P	Vértice medido e não materializado
V	Vértice determinado indiretamente e não materializado
O	Vértice paralelo a eixo medido e não materializado

Fonte: Adaptado de 2ª NTGIR (2010).

A 3ª edição traz como novidade dois Manuais Técnicos: Manual Técnico de Limites e Confrontações e o Manual Técnico de Posicionamento. O primeiro especifica como e o que deve ser levantado dentro da propriedade, já o segundo explica quais os métodos de posicionamento GNSS podem ser utilizados ao levantar uma determinada feição.

Dentre as principais mudanças entre a 2ª e a 3ª edição da Norma Técnica, destaca-se a precisão para limites naturais que passam para 3 m e os vértices inacessíveis podem ter vértices virtuais com precisão de 7,5 m de precisão. A utilização de pontos obtidos por sensoriamento remoto é uma novidade da nova edição da NTGIR. Torna-se possível a utilização de imagem de satélite georreferenciada para obtenção de coordenadas de vértices do tipo P. Agora, o georreferenciamento pode ser realizado referente a cada matrícula do imóvel, enquanto que na segunda norma se o imóvel era composto por mais de uma matrícula, era necessário realizar a unificação dessas matrículas e georreferenciar o imóvel todo. E por último, a principal mudança da NTGIR é a utilização do Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF), onde o único documento a ser produzido para a certificação é a planilha ODS que deverá ser preenchida com todos os dados exigidos pelo INCRA e anexado no site do sistema, porém o mapa, o memorial descritivo e a carta de anuência continuam sendo importantes para o Cartório em obediência e lei 6.015/73.

O SIGEF trouxe diversas vantagens para o processo de certificação, além da praticidade e eficiência, o sistema eliminou uma série de documentos que antes eram exigidos e atualmente foram dispensados para a certificação, como por exemplo, a planilha de dados cartográficos, a planilha técnica resumida, lista de pontos no formato ascii, relatório técnico, perímetro no formato dxf, cópias de matrículas do imóvel, cópias de documentos pessoais do proprietário, cópia de CCIR, requerimento para certificação e CD com todos os arquivos do projeto, embora todos os arquivos do projeto são de total responsabilidade do profissional responsável pela execução do georreferenciamento, caso futuramente tal material venha a ser solicitado pelo INCRA.

2.4.2. Certificação

O processo de certificação dos imóveis rurais está previsto no § 1º do art. 9º do decreto 4.449/2002 que diz o seguinte:

“Caberá ao INCRA certificar que a poligonal objeto do memorial descritivo não se sobrepõe a nenhuma outra constante de seu cadastro georreferenciado e que o memorial atende às exigências técnicas, conforme ato normativo próprio”.

A certificação é uma etapa importante no processo de execução do georreferenciamento, pois é um método de verificação de sobreposição dos imóveis rurais. O profissional responsável envia ao INCRA, através do SIGEF, uma planilha no formato ODS

com os pontos levantados e suas respectivas coordenadas georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). O sistema verifica se ocorre a sobreposição e caso não acuse conflito com outros imóveis a certificação é concluída com sucesso.

2.5. Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)

Um Sistema Geodésico consiste em um sistema de referência terrestre definido por uma superfície matemática (elipsoide) posicionada no espaço a partir de um ponto de referência, e materializada por um conjunto de pontos distribuídos na superfície terrestre, para os casos de referenciais brasileiros utiliza-se o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB (IBGE, 2000).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE é o responsável pela implantação e manutenção do SGB, composto principalmente pelas redes planimétrica, altimétrica e gravimétrica, assim como outros sistemas de referência, ele divide-se em duas componentes, os data horizontal e vertical (MONICO, 2008). Os data horizontal são os referenciais para obtenção das coordenadas, latitude e longitude, como por exemplo, o Córrego Alegre, SAD 69, SIRGAS 2000 e WGS 84. Os data vertical são referenciais utilizados para obtenção da altitude. No Brasil os data vertical encontram-se em Imbituba/SC e Porto de Santana/AP, o primeiro é utilizado como origem para todo o Brasil, exceto no estado do Amapá onde o somente o segundo é utilizado, pois ele ainda não está conectado ao restante do país.

Com o advento dos sistemas globais de navegação por satélites, tornou-se mandatória a adoção de um novo sistema de referência, geocêntrico, compatível com a precisão dos métodos de posicionamento correspondentes e também com os sistemas adotados no restante do globo terrestre. Esta demanda foi atendida no Brasil em 25 de fevereiro de 2005 com o estabelecimento do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000), como novo sistema de referência geodésico para o SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) (IBGE, 2014).

O estabelecimento do novo sistema, previu um período de transição não superior a dez anos durante o qual o SIRGAS2000 poderia ser utilizado em concomitância com o sistema SAD 69, para o SGB, e com os sistemas SAD 69 e Córrego Alegre, para o SCN. A coexistência entre estes sistemas tinha por finalidade oferecer à sociedade um período suficiente durante o qual os usuários deveriam adequar e ajustar suas bases de dados, métodos e procedimentos ao novo sistema.

Em 25 de fevereiro de 2015 foi encerrado o período de transição. A partir desta data, todos os usuários no Brasil devem adotar exclusivamente o SIRGAS2000 em suas atividades, o que também obriga o IBGE a publicar em seu Banco de Dados Geodésicos as coordenadas das estações geodésicas referidas apenas ao SIRGAS2000, bem como o modelo geoidal MAPGEO2010 e seus produtos cartográficos (IBGE, 2014).

2.6. Métodos de Levantamento Aplicados ao Georreferenciamento de Imóveis Rurais

O Manual Técnico de Posicionamento, apresentado na 3ª edição da NTGIR, traz as diferentes técnicas e métodos posicionais GNSS que podem ser aplicados no georreferenciamento de imóveis rurais como: relativo (estático, estático-rápido, semicinemático, cinemático, a partir do código C/A), RTK – *Real Time Kinematic* (rede e convencional), DGPS e PPP. É permitido ainda posicionamentos por topografia clássica (poligonação, triangulação, trilateração, triangulateração, irradiação, interseção linear e angular, alinhamento), posicionamento por geometria analítica (paralela e interseção de retas), sensoriamento remoto e base cartográfica.

Entre os métodos citados, nesse trabalho utilizaram-se os métodos baseados nos sistemas GNSS, em especial o GPS e GLONASS. Para isso, uma breve descrição dos sistemas de posicionamento por satélites se faz necessário nos tópicos a seguir.

2.6.1. GNSS

O GNSS engloba o *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global - GPS) e o *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikowaya Sistema* (GLONASS). A junção desses sistemas juntamente com o Galileo, Beidou/Compass, SBAS (*Satellite Based Augmentation System*) e GBAS (*Ground Based Augmentation System*) dá-se origem ao que chamamos de GNSS (MONICO, 2008). O sistema GNSS permite ao usuário, em qualquer lugar da superfície terrestre, obter sua posição, latitude, longitude e altitude, facilitando, por exemplo, a locomoção de um ponto ao outro.

Inicialmente o GPS foi mais difundido entre a comunidade usuária internacional, devido à disponibilidade de informações, enquanto que as informações sobre o GLONASS tornaram-se acessíveis após a dissolução da União Soviética, de modo que os dois sistemas passaram a ser considerados como complementares.

A disponibilidade de satélites proporcionada pelo uso combinado GPS e GLONASS oferece diversas vantagens para o posicionamento, tais como melhor precisão em áreas com visibilidade restrita, melhoria da qualidade no posicionamento isolado, maior possibilidade de obter boa geometria no rastreamento e verificação dos resultados obtidos com o uso de cada sistema separadamente.

O *Global Navigation Satellite System* (GNSS) é um posicionamento sistemático de rádio baseado no espaço que inclui um ou mais constelações de satélites, aumentada conforme necessidade de apoio a operação pretendida, fornece durante todo o dia posição tridimensional, velocidade, e a informação de tempo para os utilizadores devidamente equipada em qualquer parte, ou perto, a superfície da terra (e, por vezes, fora de terra), a definição continua com os dois elementos (atuais) centrais dos sistemas de navegação por satélite, ou seja GPS e GLONASS (HOFMANN-WELLENHOF; MORITZ, 2005).

2.6.1.1. SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS)

O NAVSTAR-GPS, popularmente conhecido como GPS, desenvolvido e mantido pelos americanos, é um sistema de posicionamento por satélites artificiais que fornece informações de tempo e posição tridimensional em qualquer momento e local do planeta. Foi desenvolvido para fins militares, mas também foi estendido para a comunidade civil por meio da navegação, agricultura de precisão, posicionamento geodésico e outros (MONICO, 2008).

O sistema GPS é composto por três segmentos: o segmento espacial, o segmento de controle e pelo segmento do usuário. O segmento espacial é formado pela “constelação” de satélites; o segmento de controle, por estações terrestres responsáveis pela operação do sistema GPS; e o segmento de usuários é formado pela comunidade usuária e os vários tipos de receptores (HOFMANN-WELLENHOF; MORITZ, 2005).

Para a realização de medidas é necessário que no mínimo quatro satélites estejam visíveis. Isso ocorre devido ao não sincronismo do relógio dos receptores e dos satélites, uma incógnita a ser resolvida (MONICO, 2008). O princípio básico de funcionamento do GPS consiste no reconhecimento da posição de quatro satélites e na medida das distâncias entre o usuário e os satélites. Ao conhecer as coordenadas do satélite num determinado sistema de referência, torna-se possível obter as coordenadas de um ponto na Terra.

Cada satélite GPS transmite duas ondas portadoras as quais permitem operações em quaisquer condições de tempo: L1 e L2. São geradas através da multiplicação eletrônica da

frequência fundamental de 10,23 MHz que é produzida por osciladores altamente estáveis com estabilidade entre 10^{-12} e 10^{-13} segundos (MONICO, 2008).

Quando modulada a portadora com códigos pseudo-aleatórios, torna-se possível determinar posições acuradas em tempo real e ainda velocidades. Esses são códigos binários criados por algoritmos que geram seus valores em uma sequência de -1 e +1 ou 0 e 1, que parecem ter uma característica aleatória. Trata-se dos códigos C/A e P (HOFMANN-WELLENHOF, LICHTENEGGER e COLLINS, 2001).

Existem quatro códigos que são modulados sobre as portadoras, C/A (*Coarse/Acquisition*), P, L2C e L5C. O código C/A é disponibilizado para o uso civil e designado para o SPS (*Standard Positioning Service*), possui comprimento de onda de aproximadamente 300 m, é modulado somente sobre a portadora L1. O código P (*Precision Code*) é reservado para uso militar dos Estados Unidos e para usuários autorizados quando o AS (*Anti-Spoofing*) está ativado, é destinado para o PPS (*Precise Positioning Service*), possui comprimento de onda de aproximadamente 30 m, o código P é modulado nas portadoras L1 e L2. O AS é uma técnica de segurança do acesso ao código P, que após ser criptografado passa a ser denominado código Y (MONICO, 2008).

O código L2C, modulado na portadora L2, está disponível desde 13 de novembro de 2005 nos satélites do Bloco IIRM e visa reduzir os problemas advindos do código Y. O sinal L5C é transmitido apenas pelos satélites do Bloco IIF e é um sinal exclusivamente civil, pois sua frequência pertence a ARNS (*Aeronautical Radio Navigation Service*) (MONICO, 2008).

Entre as observáveis obtidas através de informações dos sinais transmitidos pelos satélites, quatro são identificadas: medições de pseudodistâncias, a partir dos códigos (C/A ou P), diferenças de pseudodistâncias, a partir da contagem integrada Doppler, fase de batimento da onda portadora ou diferença da fase de batimento da onda portadora e diferenças do tempo de viagem do sinal, a partir das medições interferométricas. Duas dentre esses tipos de observáveis são mais importantes e utilizadas em posicionamento: a pseudodistância e a fase de batimento da onda portadora.

A pseudodistância consiste na distância medida entre a antena do satélite e a antena do receptor, e pode ser obtida através dos códigos C/A sobre a portadora L1 e/ou com o código P sobre as portadoras L1 e L2. Ela é obtida pela multiplicação do tempo de propagação do sinal pela velocidade da luz no vácuo, considerando um modelo teórico. As medidas de distância entre o satélite e o receptor, ou seja, as pseudodistâncias baseiam-se nos códigos gerados nos satélites ($GS(t)$) e no receptor ($Gr(t)$). O receptor gera uma réplica do código produzido no satélite, sendo que o retardo entre a chegada de uma transmissão particular do código, gerado

no satélite, e a sua réplica, gerada no receptor, nada mais é do que o tempo de propagação do sinal no trajeto entre as antenas do satélite e receptor. O tempo de propagação do sinal corresponde ao tempo de deslocamento necessário para que haja a máxima correlação da sequência do código emitido pelo satélite e a réplica gerada pelo receptor. Este tempo multiplicado pela velocidade da luz no vácuo gera a pseudodistância, em condições ideais, ou seja, num modelo teórico, sem considerar os erros inerentes ao deslocamento do sinal GPS até o rastreamento pelo receptor (MONICO, 2008).

Os relógios dos receptores e dos satélites não são sincronizados entre si e não coincidem com o sistema de tempo GPS. Devido ao não sincronismo entre os relógios dos receptores e dos satélites, dos quais derivam os códigos, a quantidade medida difere da distância geométrica entre o satélite e o receptor, e por isso é denominada pseudodistância. Além disso, a propagação do sinal, através da troposfera e da ionosfera, afeta diretamente a medida da pseudodistância.

Os estados dos relógios do satélite e do receptor, que representam o erro de sincronismo entre o sistema de tempo GPS e os respectivos relógios, são relacionados com os mesmos, a partir das seguintes expressões (MONICO, 2008):

$$T_{\text{GPS}}^s = t^s - dt^s \quad (1)$$

$$T_{\text{GPSr}} = t_r - dt_r \quad (2)$$

Onde:

t^s é o tempo de transmissão do sinal pelo satélite;

dt^s é o erro do relógio do satélite em relação ao tempo GPS no instante t^s ;

t_r é o tempo de transmissão do sinal pelo receptor; e

dt_r é o erro do relógio do receptor em relação ao tempo GPS no instante t_r .

Assim, sem considerar os erros do relógio a pseudodistância pode ser descrita da seguinte forma:

$$P_r^s = c(t_r - t^s) \quad (3)$$

Sendo:

P_r^s a pseudodistância medida entre a antena do satélite e a antena do receptor; e
 c a velocidade da luz no vácuo.

Após algumas relações algébricas com as equações (1), (2) e (3), considerando também os efeitos da atmosfera e de órbita, obtém-se:

$$\rho_r^s = \rho_r^s + c(dt_r - dt^s) + I_r^s + T_r^s + d\rho + e\rho_r^s \quad (4)$$

Onde:

I_r^s é o erro sistemático devido à ionosfera;

T_r^s é o erro sistemático devido à refração troposférica;

$d\rho$ é o erro de órbita;

$e\rho_r^s$ representa os erros aleatórios e demais erros sistemáticos na medida de pseudodistância; e

ρ_r^s distância geométrica dada por:

$$\rho_r^s = \sqrt{(X^s - X_r)^2 + (Y^s - Y_r)^2 + (Z^s - Z_r)^2} \quad (5)$$

Sendo:

X^s, Y^s, Z^s as coordenadas cartesianas do satélite; e

X_r, Y_r, Z_r as coordenadas cartesianas da antena receptora.

A fase da onda é obtida pela diferença entre a fase do sinal recebido do satélite e sua réplica gerada pelo receptor, o que resulta em uma parte fracionária. Quando um receptor é ligado, além dessa parte fracionária medida, inicia-se um contador de ciclos inteiro. Durante o rastreamento, o contador é incrementado por um ciclo sempre que a fase fracionária muda de 2π para 0. Assim, numa determinada época, a fase instantânea acumulada é a soma da medida fracionária da fase com um determinado número de ciclos inteiros (MONICO, 2008).

Quando a medida da fase da onda portadora é utilizada como observável, tem-se necessidade de determinar o número de ciclos inteiros envolvidos entre os centros de fase, no

instante da primeira medida. Esse número é denominado ambiguidade GPS, o qual permanece constante, caso não ocorra obstrução do sinal (MONICO, 2008).

Como na primeira medida a observável é a parte fracionária de um ciclo, não se conhece na primeira época de observação a ambiguidade GPS. Então, o receptor realiza a contagem de ciclos inteiros. Isto faz com que a medida da fase da onda portadora seja ambígua, com relação a um número de ciclos inteiros, envolvidos entre a antena receptora e os satélites na primeira época de observação.

A fase observada (ϕ_r^s) no instante de recepção, na escala de tempo do receptor, em unidades de ciclos, pode ser descrita por: (MONICO, 2000):

$$\phi_r^s = \phi^s - \phi_r + N_r^s + e\phi_r^s \quad (6)$$

Onde:

ϕ^s é a fase da portadora gerada no satélite s e recebida na estação r no instante de recepção;

ϕ_r é a fase gerada no receptor no instante de recepção;

N_r^s é a ambiguidade da fase; e

$e\phi_r^s$ representa os erros aleatórios e demais erros sistemáticos na medida de fase da onda portadora.

2.6.1.2. GLONASS

O sistema Russo começou a ser desenvolvido antes que o sistema GPS, porém com a separação da União Europeia, os estudos foram paralisados. O GLONASS é similar ao sistema GPS, porém, a integração destes dois sistemas exige a consideração de algumas diferenças: sistema de referência, sistema de tempo e a forma de emissão dos dados (MONICO, 2008). Para atingir uma precisão maior é interessante rastrear informações do GPS e GLONASS simultaneamente, já que a quantidade de satélites será maior.

As diferenças nas características espaciais do GPS e do GLONASS, no que se refere à quantidade de planos orbitais (6 para o GPS e 3 para o GLONASS) e inclinação das órbitas, proporcionam diferenças na disponibilidade de satélites em função da latitude. Desta forma o GLONASS oferece melhor cobertura nas latitudes extremas enquanto que o GPS favorece as latitudes médias.

O GLONASS, assim como o GPS, inclui três segmentos: segmento espacial, segmento de controle e o segmento de usuário. O segmento de controle terrestre do GLONASS é responsável por (MONICO, 2008): prever as órbitas dos satélites, transferir as efemérides, as correções dos relógios e os almanaques em cada um dos satélites, sincronizar os relógios dos satélites com o sistema de tempo do GLONASS, estimar as discrepâncias entre o sistema de tempo do GLONASS e o TUCUS (TUC da União Soviética) e controlar os satélites.

A grande diferença entre o GPS e o GLONASS está na estrutura do sinal. Enquanto o GPS usa a técnica CDMA, onde todos os satélites transmitem as mesmas portadoras que são modulada por códigos específicos de cada satélite, o GLONASS utiliza FDMA (*Frequency Divison Multiple Access*), na qual, para cada satélite, duas portadoras com frequências diferentes são geradas (HOFMANN-WELLENHOF; LICHTENEGGER; COLLINS, 1994).

O GLONASS transmite dois sinais na banda L, sendo estes modulados por dois códigos binários e mensagens de navegação. No GPS os satélites transmitem em frequências iguais, já no GLONASS todos os satélites transmitem em frequências diferentes (SEEBER, 2003).

A mensagem de navegação entre os dois sistemas também são diferentes. Segundo SEEBER (2003), os sinais de navegação GPS e GLONASS estão referenciados a sistemas de tempo diferentes. O tempo GPS está relacionado com o UTC mantido pelo *U.S. Naval Observatory*, e o tempo GLONASS é baseado no UTC na União Soviética (UTCUS). O sistema de tempo GLONASS considera o salto de segundo (*leap second*), enquanto o GPS não, e tem uma diferença constante de três horas devido à diferença de fuso entre Moscou e *Greenwich*.

2.6.2. Métodos de Posicionamento

Diversos são os métodos de posicionamento, podendo ser classificados em absoluto ou relativo. Esta seção consiste em revisar conceitos sobre os métodos de posicionamento que serão aplicados neste trabalho.

2.6.2.1. Posicionamento Preciso por Ponto (PPP)

O PPP elimina a necessidade de aquisição de dados de rastreamento a partir de uma estação de referência (base) e os problemas dependentes das distâncias que envolvem as

linhas de base. A principal característica do PPP é o uso da combinação *ion-free* da pseudodistância e da fase como observáveis (MONICO, 2008), eliminando os efeitos de primeira ordem da ionosfera.

O Posicionamento preciso por ponto utiliza as efemérides precisas, previstos pela IGS, códigos de dupla frequência e observações definidas pela fase da onda portadora, o modelo é baseado numa combinação de pseudocódigo livre da ionosfera e fases de ondas portadoras (HOFMANN-WELLENHOF *et. al.*, 2001).

No posicionamento com apenas um receptor os erros são originados dos satélites, da propagação do sinal e do próprio receptor propagando para as coordenadas finais dos pontos pretendidos, em contrapartida, nos dados decorrentes de receptores de dupla frequência, as duas observáveis de fase de batimento da onda portadora podem ser combinadas linearmente, reduzindo sobremaneira os efeitos de primeira ordem da refração ionosférica. Procedimento similar pode ser realizado com as pseudodistâncias. A utilização de um dos vários modelos disponíveis para modelar os efeitos da refração troposférica, em conjunto com alguma técnica de parametrização, reduz os efeitos dessa refração, como pode ser descrito por: (MONICO, 2008).

$$PD_{r\ IF}^s = \rho_r^s + c(dt_r - dt^s) + T_{r\ 0}^s + dT_r^s m(E) \quad (7)$$

$$\phi_{r\ IF}^s = \frac{f_1}{c} \rho_r^s + f_1(dt_r - dt^s) + N_{IF} + \frac{f_1}{c} T_{r\ 0}^s + \frac{f_1}{c} dT_r^s m(E) \quad (8)$$

Onde:

ρ_r^s é a distância geométrica entre o centro de fase da antena do receptor, no instante de recepção do sinal, e do satélite, no instante de transmissão;

f_1 é a frequência da observável *ion-free* (igual a portadora L1);

c é a velocidade da luz no vácuo;

N_{IF} é a ambiguidade da observável *ion-free*;

$T_{r\ 0}^s$ é o atraso troposférico aproximado a partir de algum modelo disponível;

dT_r^s é uma correção residual de $T_{r\ 0}^s$ a ser estimada no modelo; e

$m(E)$ é a função de mapeamento utilizada.

O desenvolvimento do PPP tornou-se possível com a disponibilização e facilidade de acesso às órbitas e às correções para os relógios dos satélites. A evolução da tecnologia GNSS, fez com que a quantidade de dados para processamento aumentasse, possibilitando o aparecimento de serviços específicos de processamento de dados. Com o intuito de facilitar o processamento dos dados, algumas agências e instituições passaram a oferecer gratuitamente serviços de processamento on-line, via internet (ABREU; FONSECA JR, 2005).

Neste tipo de serviço, um arquivo de dados no formato RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*) é enviado através da página na internet do serviço oferecido. Quando o processamento é completado, os resultados são enviados para o usuário através do endereço eletrônico informado ou disponibilizados para *download* na própria página. Dependendo do serviço utilizado, é necessário que o usuário forneça informações, como tipo e altura da antena e o método de posicionamento aplicado. O IBGE-PPP é um serviço de posicionamento preciso por ponto *on-line*, assim como o APPS (*Automatic Precise Positioning Service*), CSRS – PPP (*Canadian Spatial Reference System*), GAPS (*GPS Analysis and Positioning Software*) e MagicGNSS desenvolvido pela GMV *Aerospace and Defense S.A.*

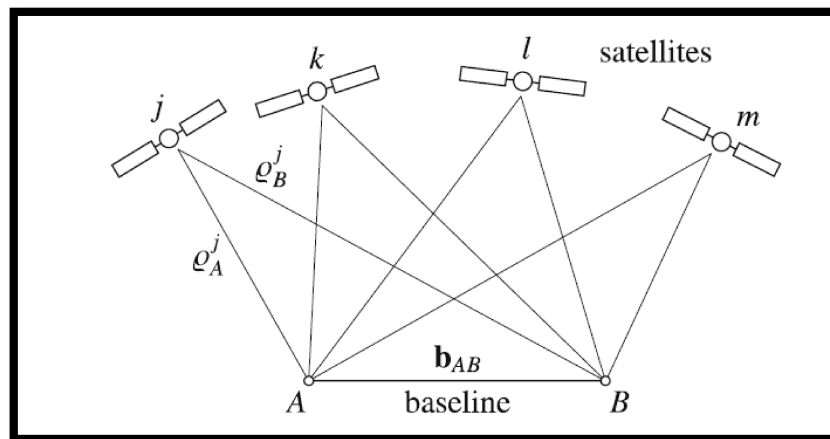
Neste trabalho será utilizado o serviço online do IBGE. O IBGE-PPP é um serviço online gratuito para o pós-processamento de dados GNSS, que faz uso do programa CSRS-PPP (*GPS Precise Point Positioning*) desenvolvido pelo *Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada* (NRCan). Esse serviço permite aos usuários com receptores GPS e/ou GLONASS, obterem coordenadas de boa precisão no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) e no *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF). O IBGE-PPP processa dados GNSS (GPS e GLONASS) que foram coletados por receptores de uma ou duas frequências no modo estático ou cinemático (IBGE, 2013).

2.6.2.2. Posicionamento Relativo Estático

O posicionamento relativo estático consiste na utilização de receptores de simples frequência (L1) e/ou dupla frequência (L1/L2), onde dois ou mais receptores rastreiam, simultaneamente, os satélites visíveis. Em locais com linha de base de até 10 km e sem obstrução de sinal, vinte minutos de rastreamento são suficientes para solucionar problemas com a ambiguidade nos receptores de simples frequência. Já no caso de linhas de base maior que 10 km é necessário a utilização de receptores de dupla frequência (MONICO, 2008). No entanto, isso não é totalmente correto devido às variações do TEC (Conteúdo Total de Elétrons).

O objetivo do posicionamento relativo é determinar as coordenadas desconhecidas de um ponto em relação a um ponto conhecido, em outras palavras, o posicionamento relativo tem por objetivo a determinação do vetor entre dois pontos, o que é muitas vezes chamado vetor da linha de base ou simplesmente linha de base (HOFMANN-WELLENHOF, 2001).

FIGURA 1 – Princípio do Posicionamento Relativo.



Fonte: Adaptado de Hofmann-Wellenhof (2001).

O método de posicionamento relativo baseia-se em realizar combinações lineares das observáveis de duas estações e reduzir ao máximo os erros envolvidos. Estas observáveis secundárias que vem das originais são usualmente denominadas simples e duplas diferenças.

Considerando dois receptores e um satélite, pode formar uma simples diferença (SD). A ideia fundamental é que os receptores (A e B) estejam rastreando simultaneamente o mesmo satélite. Na SD vários tipos de erros são praticamente eliminados, por exemplo, o erro do relógio do satélite e os erros devido à órbita do satélite. Para linhas de base curtas, os efeitos da ionosfera e troposfera são similares, sendo, portanto, praticamente eliminados. Os erros não modelados ou não totalmente eliminados são assumidos como de natureza aleatória, fazendo parte do resíduo da observação em questão. Entretanto, o multicaminho não é reduzido, pois dependem da geometria entre o receptor, satélite e refletor, ou seja, das condições de reflexão do sinal na região onde o receptor está localizado.

A observável normalmente adotada no posicionamento relativo estático é a dupla diferença da fase de batimento da onda portadora, podendo também ser utilizado a dupla diferença da pseudodistância ou ambas (MONICO, 2008). Os melhores resultados em termos de acurácia ocorrem quando se tem duas observáveis. Devido ao longo período de ocupação das estações este método utiliza mais a fase de onda portadora cuja precisão é superior ao da pseudodistância, que só é utilizada no pré-processamento.

A dupla diferença (DD) é a combinação linear dada pela diferença entre duas SD. Envolve, dois receptores e dois satélites onde um destes satélites é considerado como base e utilizado nas demais combinações. A equação da dupla diferença é expressa por (MONICO, 2008):

$$\Delta\nabla PD_{1,2}^{1,2} = \Delta\nabla\rho_{1,2}^{1,2} + \Delta\nabla dm_{PD\ 1,2}^{1,2} + v\nabla\Delta PD \quad (9)$$

Onde:

∇ representa a diferença entre os satélites descrita por:

$$\Delta\nabla\rho_{1,2}^{1,2} = \Delta\rho_{1,2}^1 - \Delta\rho_{1,2}^2 \quad (10)$$

$$\Delta\nabla dm_{PD\ 1,2}^{1,2} = \Delta\nabla dm_{PD\ 1,2}^1 - \Delta\nabla dm_{PD\ 1,2}^2 \quad (11)$$

$v\nabla\Delta PD$ é o resíduo da dupla diferença da pseudodistância.

A equação para a fase é dada por:

$$\nabla\Delta\varphi_{1,2}^{1,2} = \frac{f}{c} (\nabla\Delta\rho_{1,2}^{1,2} + \nabla\Delta dm_{\varphi r\ 1,2}^{1,2}) + \nabla\Delta N_{1,2}^{1,2} + v\nabla\Delta\Delta\varphi \quad (12)$$

Sendo:

$$\nabla\Delta N_{1,2}^{1,2} = \Delta N_{1,2}^1 - \Delta N_{1,2}^2 \quad (13)$$

$$\nabla\Delta dm_{\varphi r\ 1,2}^{1,2} = \nabla\Delta dm_{\rho Dr\ 1,2}^1 - \nabla\Delta dm_{\rho Dr\ 1,2}^2; e \quad (14)$$

$v\nabla\Delta\Delta\varphi$ é o resíduo da dupla diferença da fase.

Similar ao posicionamento relativo estático, o posicionamento relativo estático rápido se diferencia do anterior somente pela quantidade de tempo de ocupação que deve ser menor que 20 minutos. Utilizado quando se deseja obter alta produtividade (MONICO, 2008).

No campo deve-se ter um receptor fixo servindo de base, coletando dados continuamente, enquanto o outro receptor percorre as áreas e pontos de interesse, permanecendo cerca de 5 a 20 minutos para cada coleta de dados. Não há necessidade da continuidade de rastreamento durante as mudanças de pontos de interesses nem do receptor permanecer ligado durante o percurso. Os dados coletados da estação base e do receptor *rover* são processados para que se solucione o vetor de ambiguidade e se consiga uma melhor precisão. Este método é adequado para levantamentos em torno de dez quilômetros da estação base.

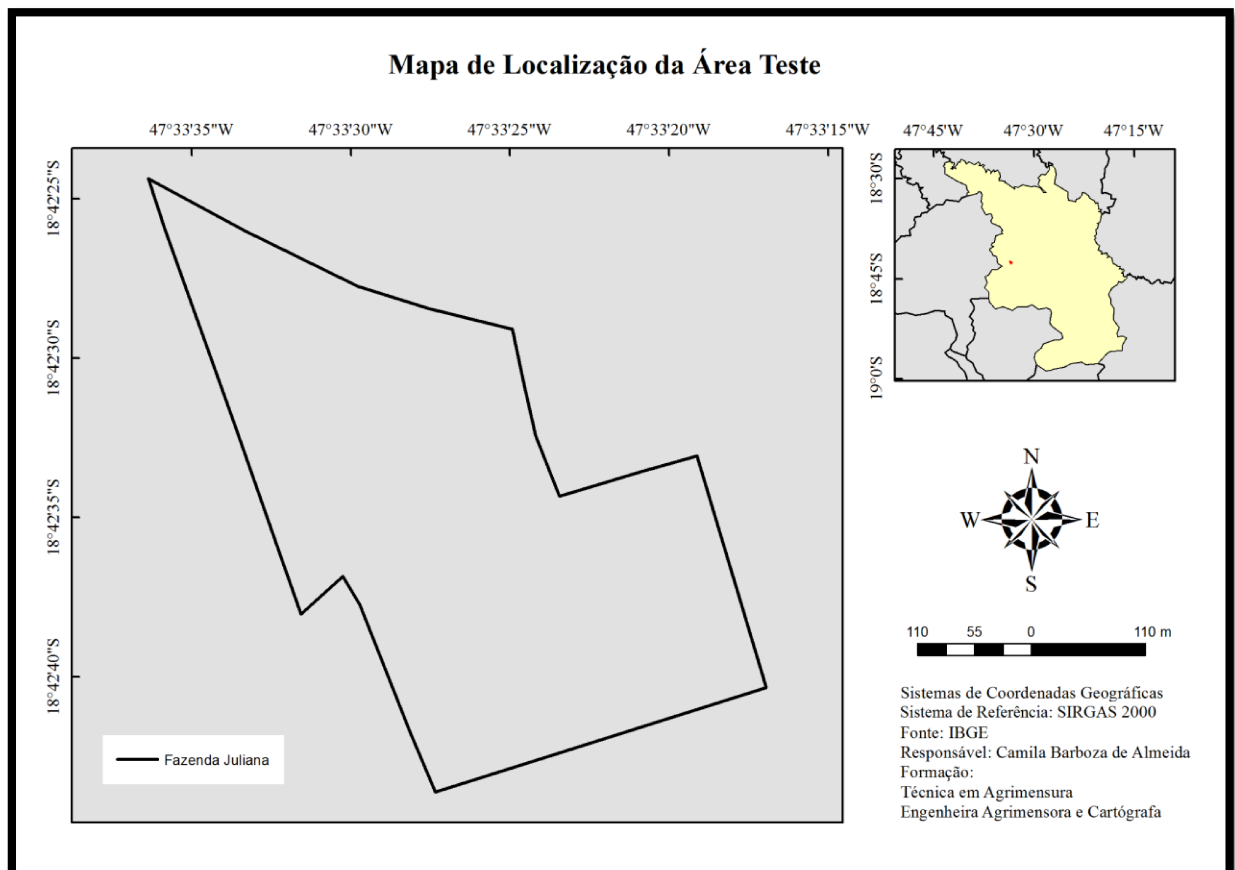
3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo é descrita a área teste onde os levantamentos foram realizados, os dados e equipamentos utilizados para a coleta das observações, bem como o software e as estratégias de processamento dos dados.

3.1. Área Teste

A área teste (figura 2) está localizada na zona rural do município de Monte Carmelo/MG a aproximadamente dois quilômetros da cidade, próximo às coordenadas $18^{\circ}42'28,9''\text{S}$ $47^{\circ}33'27,0''\text{W}$, em área agrícola da Fazenda Juliana, em um latossolo vermelho argiloso. O imóvel está situado em uma região plana, é demarcada por cercas de arame, vegetação densa e vem sendo cultivada com cafeeiro arábica nos últimos anos. O imóvel é titulado por duas matrículas, confronta com outras duas matrículas também pertencentes à Fazenda Juliana e ainda confronta com outros dois proprietários.

FIGURA 2 – Localização da área teste.



Fonte: A autora (2015).

3.2. Dados, Equipamentos e Softwares

Os dados foram coletados nos dias 21, 22 e 23 de julho de 2015. Para os levantamentos foram utilizados três receptores:

- 1 Promark 500 com precisão horizontal de 5 mm + 0,5 ppm e precisão vertical de 10 mm + 0,5 ppm;
- 2 *Topcon Hipper V* com precisão horizontal de 3 mm + 0,5 ppm e vertical de 5 mm + 0,5 ppm;

Todos os receptores utilizados são capazes de rastrear dados das constelações GPS e GLONASS, e recebem sinal L1/L2. Ainda, foram utilizados acessórios como tripés e trenas. O receptor *Promark 500* foi empregado para a realização do método de posicionamento relativo estático no levantamento dos pontos limítrofes. Com os receptores *Topcon Hipper V* foram levantados os vértices de apoio.

Para transformação e edição dos dados, foram utilizados os *softwares TEQC* na edição dos dados *RINEX* e *RINEX Converter* na conversão dos dados do formato *Promark* para *RINEX*.

Para a materialização dos vértices foram necessários vinte marcos de material sintético e pregos para marcar o ponto central de referência de cada marco. Na realização do planejamento do levantamento utilizou-se o *GNSS Planning Online* da *Trimble*, este software permite simular as possíveis obstruções de sinal e mostra a quantidade de satélites disponível no dia do levantamento, o DOP e o TEC (Conteúdo Total de Elétrons). No processamento, que envolve o ajustamento, foi utilizado o *software Topcon Tools*. Para a elaboração do mapa de localização da área utilizou-se o *ArcMAP* e o *AutoCAD* para elaboração da planta final do georreferenciamento.

3.3. Planejamento

Inicialmente foi feito o reconhecimento do tamanho da área e seu relevo, para realizar o planejamento do levantamento (figura 3). A preocupação com o relevo busca uma melhor distribuição dos vértices e sua intervisibilidade a fim de atender outros profissionais que futuramente poderão usufruir dos vértices implantados no local.

FIGURA 3 – Planejamento de distribuição dos vértices.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2015).

Depois de efetuar o reconhecimento da área e saber as possíveis obstruções de sinal, com o auxílio do *software GNSS Planning Online* foi possível saber a melhor data e horário para realizar o levantamento. Escolheu-se um dos vértices que sofreu maior obstrução de sinal (figura 4) para conhecimento do melhor horário para a realização do levantamento. O vértice exibido na figura 4 está localizado e nomeado na figura 3 como V1.

FIGURA 4 – Vértice que sofreu maior obstrução de sinal.

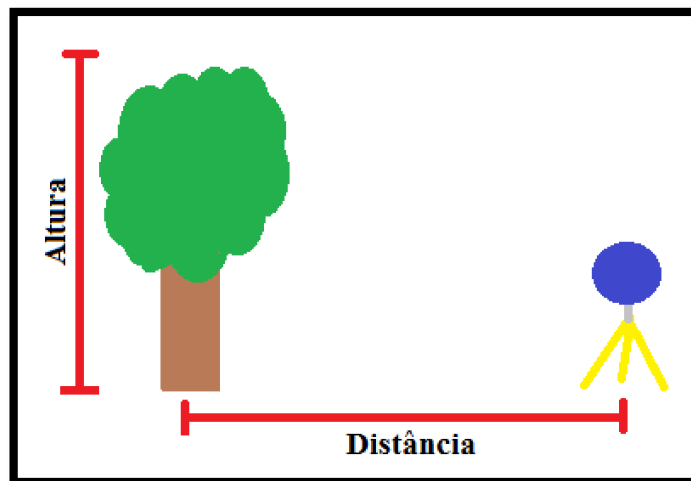


Fonte: A autora (2015).

Sabendo-se a altura média da obstrução e a distância em que o equipamento será posicionado dessa mesma obstrução é possível calcular o ângulo de elevação utilizando a seguinte equação:

$$\text{Arc } tg = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} \quad (15)$$

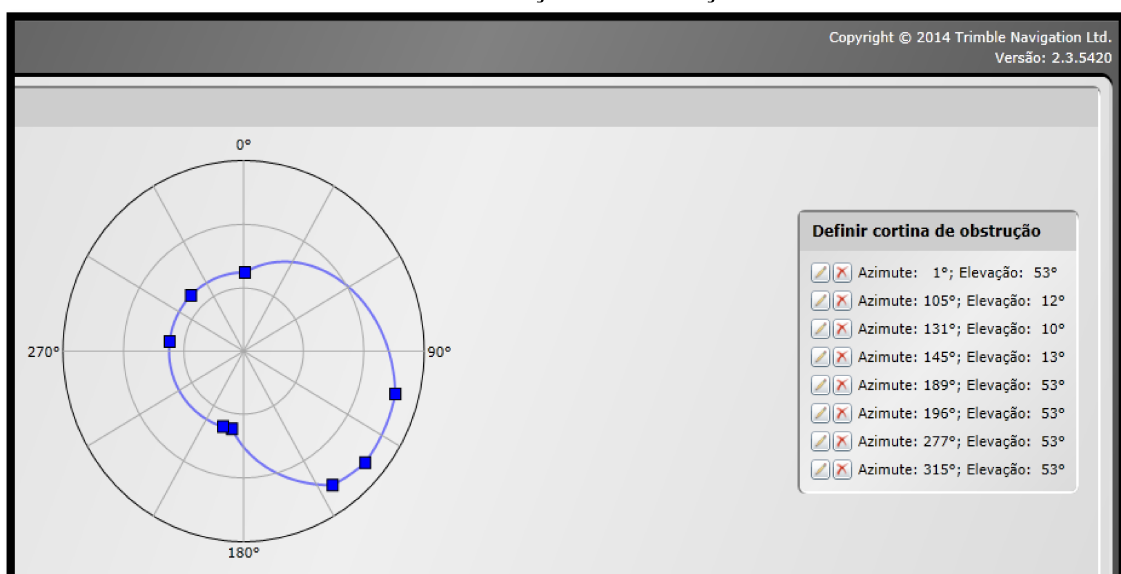
FIGURA 5 – Cálculo do ângulo de elevação.



Fonte: A Autora (2015).

Conhecendo o ângulo de elevação determinado anteriormente, torna-se possível efetuar a simulação da possível obstrução. A figura 6 mostra como é definido as regiões em que ocorreu maior obstrução do sinal no software *GNSS Planning Online*.

FIGURA 6 – Definição da obstrução do sinal.

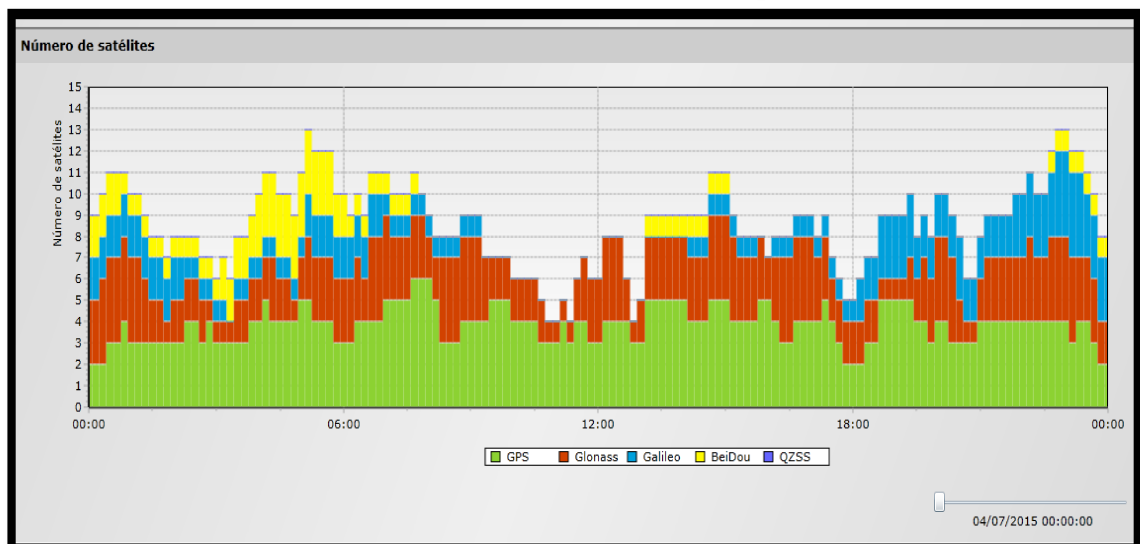


Fonte: Adaptado de *Software GNSS Planning Online* (2015).

Após determinar a obstrução do sinal como exposto na figura 6 e aplicar estas configurações, o software fornece diversos gráficos que trazem informações, como por exemplo, a quantidade de satélites visíveis no dia do levantamento, valores de DOPs, entre outros.

A figura 7 apresenta a quantidade de satélites que estava visível em um determinado horário, neste caso foi possível observar o melhor horário para realizar o levantamento do vértice em questão, sendo entre 09 e 17 horas, já que a quantidade de satélites GPS e GLONASS estavam favoráveis. A cor laranja no gráfico não representa somente a quantidade de satélites GLONASS, mas sim o somatório de satélites GPS e GLONASS.

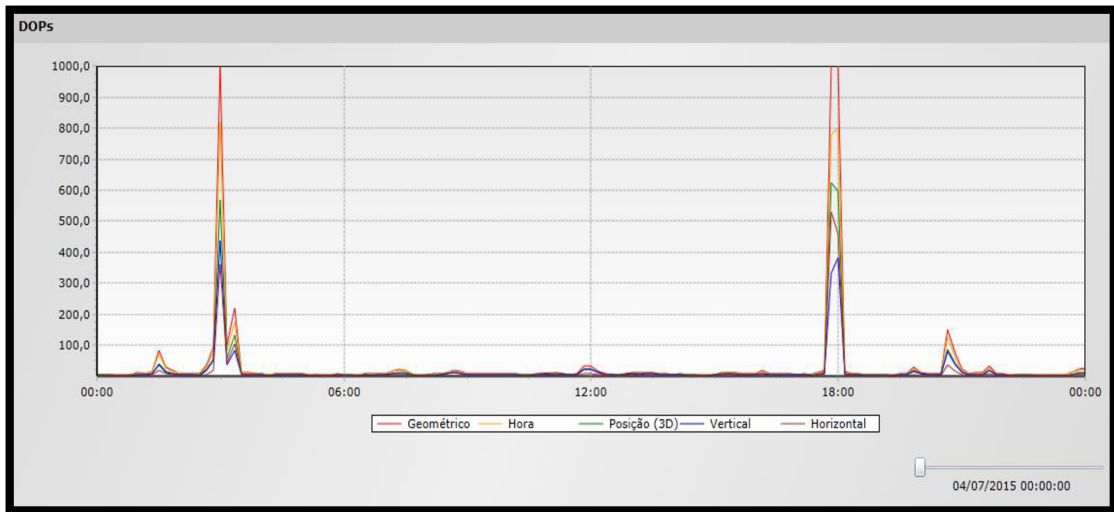
FIGURA 7 – Número de satélites disponíveis.



Fonte: Adaptado de *Software GNSS Planning Online* (2015).

A figura 8 traz os valores de DOPs que foram atingidos no dia e local do levantamento. Um fator que exerce influência importante na qualidade do posicionamento é a geometria dos satélites, sendo comum a sua representação através do DOP, quanto menor o seu valor, melhor a precisão esperada. De acordo com a figura 7, o melhor horário é entre 09 e 17 horas devido a quantidade de satélites disponível, no entanto, levando em consideração a figura 8, nota-se que nesse período os valores de DOPs são baixos, sofrendo um pequeno aumento às 12 horas, mas ao analisar o gráfico durante todo o dia, percebe-se que em dois momentos principais (03 e 18 horas) os valores de DOPs são altos, ou seja, neste horário não é recomendável realizar o levantamento.

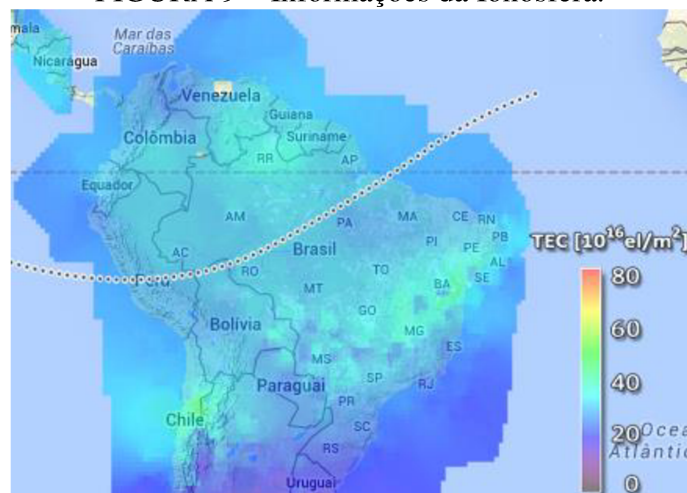
FIGURA 8 – DOPs.



Fonte: Adaptado de *Software GNSS Planning Online* (2015).

Outro fator importante a ser analisado é o Conteúdo Total de Elétrons (TEC). Ao atravessar a atmosfera terrestre, o sinal sofre desvio devido à refração ionosférica, causado principalmente pelo TEC, retardando sua propagação, e como consequência, apresenta erro no receptor, principalmente em receptores de uma frequência. O comportamento de TEC depende do horário do dia e da atividade solar entre outros fatores. A figura 9 mostra o comportamento da ionosfera no dia do levantamento, por volta das 15 e 16 horas, horário em que apresentou maior valor de TEC.

FIGURA 9 – Informações da Ionosfera.



Fonte: INPE (2015).

Quanto maior o valor do TEC, maior a influência no posicionamento GNSS. Nota-se que o Conteúdo Total de Elétrons é intenso sobre o estado de Minas Gerais, pois o levantamento foi realizado em uma época de alta atividade solar.

3.4. Levantamento

Para realizar o levantamento de campo foi necessário efetuar a materialização dos vértices. Os marcos foram implantados através de buracos feito no solo e a localização foi definida no planejamento buscando locais onde garantissem a estabilidade dos pontos, evitando trajetos de maquinários e possíveis obstáculos que pudessem causar multicaminho. Após a materialização foi realizado o posicionamento GNSS. O levantamento consistiu em duas etapas, levantar os vértices que serviram de ponto de apoio e os vértices do perímetro.

Dois receptores foram posicionados nos marcos de apoio do tipo M que estão localizados no interior da propriedade, esses receptores rastrearam simultaneamente os sinais dos satélites visíveis durante o período de tempo descritos no item 4.1.1, enquanto que o outro receptor foi posicionado nos vértices que delimitam o imóvel e efetuaram um rastreamento de trinta minutos.

3.5. Estratégias de Processamento

Com o intuito de avaliar os efeitos da combinação dos dados GPS/GLONASS e o sinal L1/L2 do receptor GNSS foram realizados processamentos com diferentes configurações de sistemas de satélites e tempo de coleta, visando a determinação das coordenadas dos pontos de apoio básico e dos pontos limítrofes.

3.5.1. Determinação das Coordenadas dos Vértices de Apoio

Para a determinação das coordenadas dos pontos de apoio básico duas estações pertencentes à RBMC, foram selecionadas, a MGUB localizada em Uberlândia/MG e a MGRP localizada em Rio Paranaíba/MG. O descritivo dessas estações estão disponíveis no anexo A e anexo B, respectivamente.

Diferentes estratégias de processamento foram utilizadas para a determinação das coordenadas dos pontos de apoio. Foram realizados processamentos com observações GPS e GPS/GLONASS utilizando simples e dupla frequência e ainda foi feito o PPP destes vértices. É importante ressaltar que o desvio padrão foi calculado com 2σ de probabilidade tanto para o PPP quanto para o relativo estático, pois o sistema do IBGE trabalha desta forma e a probabilidade utilizada deve ser a mesma em ambos os métodos. A 3ª NTGIR não especifica qual deve ser a probabilidade utilizada nos processamentos, isso só é descrito na antiga

norma, onde era exigido 1σ de probabilidade, porém, com a inserção do PPP nos métodos de posicionamento permitidos pelo INCRA, esta informação deixa de fazer parte da atual norma. A tabela 4 apresenta as características de cada análise utilizada.

TABELA 4 – Estratégias de processamento dos vértices de apoio.

ANÁLISE	SISTEMA DE POSICIONAMENTO	TEMPO DE COLETA	FREQUÊNCIA	POSICIONAMENTO
Análise 1	GPS	Completo	L1/L2	Relativo Estático
	GPS	Completo	L1/L2	PPP
	GPS/GLONASS	Completo	L1/L2	Relativo Estático
	GPS/GLONASS	Completo	L1/L2	PPP
Análise 2	GPS/GLONASS	10 min	L1/L2	PPP
	GPS/GLONASS	10 min	L1	PPP
	GPS/GLONASS	30 min	L1/L2	PPP
	GPS/GLONASS	30 min	L1	PPP
	GPS/GLONASS	1 hora	L1/L2	PPP
	GPS/GLONASS	1 hora	L1	PPP
	GPS/GLONASS	2 horas	L1/L2	PPP
	GPS/GLONASS	2 horas	L1	PPP
	GPS/GLONASS	3 horas	L1/L2	PPP
	GPS/GLONASS	3 horas	L1	PPP
	GPS/GLONASS	6 horas	L1/L2	PPP
	GPS/GLONASS	6 horas	L1	PPP

Fonte: A autora (2015).

A primeira análise consistiu no processamento dos vértices de apoio com observações GPS e GPS/GLONASS para dois métodos de posicionamento: relativo estático e PPP. Posteriormente os dados compostos com sistema de posicionamento igual foram comparados a fim de encontrar o melhor resultado. Na segunda análise foram realizados processamentos com diferentes tempos de rastreios através do PPP e considerando simples e dupla frequência. Estes resultados foram comparados com o melhor resultado obtido na análise anterior. O PPP foi realizado através do serviço *online* disponibilizado pelo IBGE.

3.5.2. Determinação dos Pontos Limítrofes

No processamento dos dados dos pontos limítrofes também foram adotados diferentes estratégias de processamento. As coordenadas finais utilizadas para as análises são resultantes do ajustamento realizado, já que a área teste possui dois pontos de apoio, o que possibilita o ajuste dos pontos. Os dados ainda foram processados em relação a um vértice de apoio onde o erro é propagado ao invés de ajustado. A tabela 5 apresenta os parâmetros de cada estratégia

de processamento. A análise 1 consistiu em analisar o processamento dos vértices limítrofes em relação aos dois vértices de apoio base e em relação a cada vértice separadamente.

TABELA 5 – Estratégias de processamento dos vértices limítrofes.

ANÁLISE	SISTEMA DE POSICIONAMENTO	TEMPO DE COLETA	FREQUÊNCIA	POSICIONAMENTO
Análise 1	GPS/GLONASS	30 min	L1/L2	Relativo Estático
	GPS/GLONASS	5 min	L1/L2	Relativo Estático Rápido
Análise 2	GPS/GLONASS	10 min	L1/L2	Relativo Estático Rápido
	GPS/GLONASS	20 min	L1/L2	Relativo Estático Rápido
	GPS/GLONASS	30 min	L1/L2	Relativo Estático
	GPS/GLONASS	5 min	L1	Relativo Estático Rápido
Análise 3	GPS/GLONASS	10 min	L1	Relativo Estático Rápido
	GPS/GLONASS	20 min	L1	Relativo Estático Rápido
	GPS/GLONASS	30 min	L1	Relativo Estático
	GPS/GLONASS	5 min	L1	Relativo Estático

Fonte: A autora (2015).

Na primeira análise utilizou-se dupla frequência e os dados foram processados em relação aos dois vértices de apoio e posteriormente em relação a cada vértice de apoio separadamente. Ao efetuar o ajustamento em relação a uma base os erros são propagados para os vértices limítrofes, portanto esta análise consistiu em realizar esta avaliação. Os desvios padrão das coordenadas dos vértices de apoio utilizados no processamento dos vértices limítrofes foram considerados.

Na segunda análise foram geradas diferentes sessões de coleta de dados através do *software* *TEQC*, e essas sessões foram processadas levando em consideração simples frequência. Já a terceira análise foi realizada da mesma maneira que a segunda, porém, aqui se utilizou dupla frequência. Foi feita uma comparação entre as coordenadas obtidas na segunda análise e as obtidas na terceira. Em todos os processamentos envolvendo vértices limítrofes considerou-se 2σ de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo realiza a análise dos resultados e discussões sobre todos os métodos de processamentos utilizados no desenvolvimento desse trabalho visando o georreferenciamento de imóveis rurais, e a verificação de que as diferentes técnicas de processamento utilizadas atendem as prescrições estabelecidas na Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR). Para isso, as discrepâncias entre as coordenadas dos vértices limítrofes para cada método de processamento utilizado foram analisadas.

4.1. Determinação dos Pontos de Apoio Básico

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos nas diferentes técnicas de processamento GNSS utilizado nos vértices de apoio. Foram realizadas análises utilizando o método relativo estático com observações GPS e GPS/GLONASS comparadas ao posicionamento preciso por ponto. Ainda foi comparado o posicionamento preciso por ponto com diversos tempos de rastreamento ao melhor resultado obtido na análise anterior. Como referência, foram utilizadas duas estações pertencentes à RBMC, sendo elas, a MGUB e a MGRP.

4.1.1. Análise da integração GPS/GLONASS na determinação dos vértices de apoio

Nesta primeira análise realizou-se o processamento utilizando dados GPS e GPS/GLONASS, tanto para o método de posicionamento relativo estático, quanto para o método de posicionamento preciso por ponto. Os pontos foram levantados durante os dias 21, 22 e 23 de julho de 2015. O tempo de coleta para os vértices de apoio é exibido na tabela 6, é importante ressaltar que os arquivos de processamento de dados não foram unificados, ou seja, para cada dia de levantamento existe um ou dois arquivos *RINEX* referente a cada vértice. A troca de bateria do equipamento durante o levantamento resultou em dois arquivos referente ao mesmo vértice durante o mesmo dia. No primeiro dia não houve troca de bateria, portanto contém somente um arquivo referente a cada base, no segundo dia a bateria foi trocada em ambos os receptores, porém há dois arquivos para cada base e no terceiro dia, somente a bateria do vértice de apoio BASE 1 foi substituída, então há dois arquivos para BASE 1 e um arquivo para BASE 2. As datas do levantamento para cada sessão de observação também estão especificadas na tabela 6.

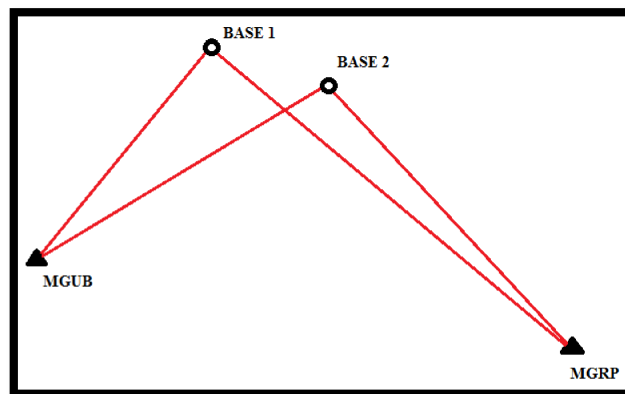
TABELA 6 – Tempo de coleta de dados nos vértices de apoio.

VÉRTICE	DATA	DURAÇÃO
BASE 1	21/07/2015	01:32:35
BASE 2	21/07/2015	01:57:35
BASE 1	22/07/2015	03:46:30
BASE 2	22/07/2015	02:21:45
BASE 1	22/07/2015	03:50:55
BASE 2	22/07/2015	05:10:40
BASE 1	23/07/2015	02:10:00
BASE 2	23/07/2015	04:43:45
BASE 1	23/07/2015	02:00:50

Fonte: A Autora (2015).

Para a obtenção das coordenadas dos vértices, foram formadas duas linhas de base entre cada ponto de apoio e as estações de referência MGUB e MGRP, como mostra a figura 10.

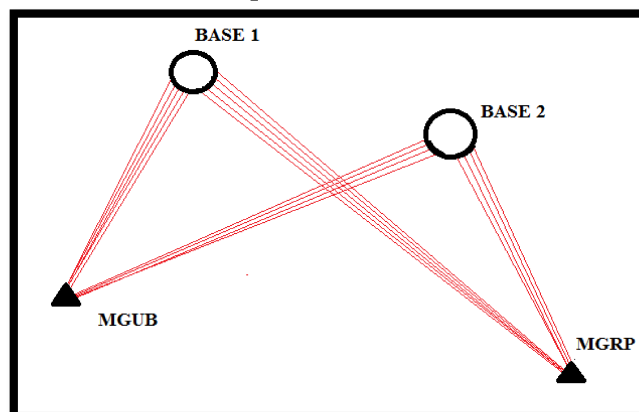
FIGURA 10 – Linhas bases formadas entre os vértices de apoio e as estações de referência.



Fonte: A autora (2015).

Em cada sessão de levantamento especificada na tabela 6, formaram-se duas linhas de base entre cada ponto de apoio e as estações da RBMC (figura 11).

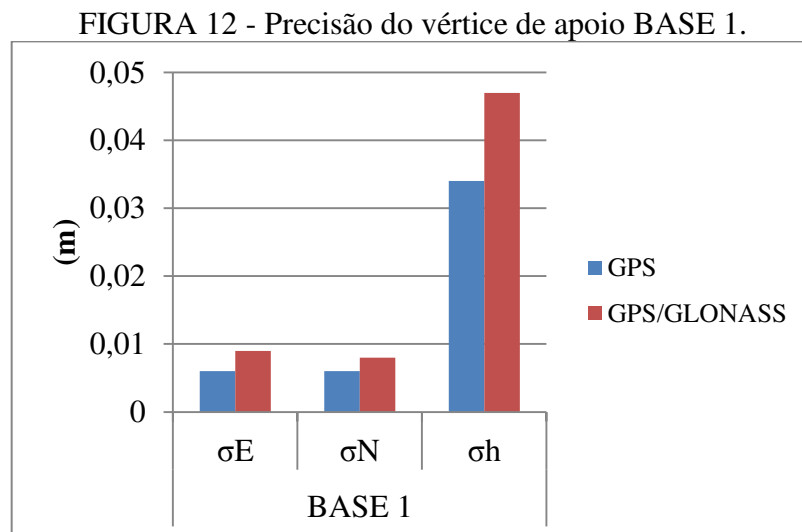
FIGURA 11 – Linhas bases para as diversas sessões de levantamento.



Fonte: A autora (2015).

Formou-se esse número de linhas de base devido ao fato de que somente as linhas independentes foram processadas e fizeram parte do ajuste, quanto maior a quantidade de sessões de levantamento, maior a quantidade de linhas de base independente. As linhas base formadas entre os vértices de apoio e as estações MGUB e MGRP estão em média a 80 km e 160 km de distância, respectivamente.

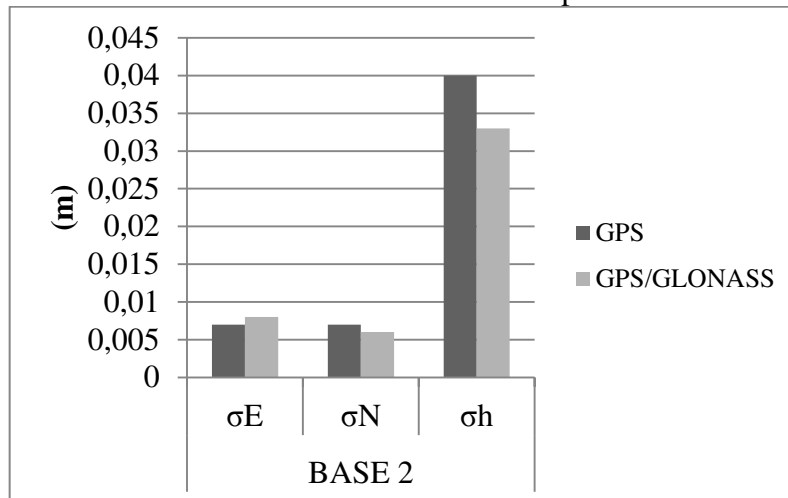
O gráfico exibido na figura 12 apresenta o desvio padrão obtido na BASE 1 com observações GPS e GPS/GLONASS por meio do método de posicionamento relativo estático. O desvio padrão foi calculado com 2σ de probabilidade e o ajustamento realizado utilizou as linhas base que apresentaram solução fixa, as soluções flutuantes foram desconsideradas no ajustamento. Lembrando que para cada sessão de levantamento, geraram-se duas linhas base entre o vértice de apoio e as duas estações da RBMC, como explicado anteriormente. Como é notável, as coordenadas com dados GPS proporcionaram desvio padrão melhor do que as coordenadas obtidas utilizando dados GPS/GLONASS. A componente altimétrica apresenta desvio padrão maior, pois a geometria dos satélites não é favorável para a obtenção da altitude. Na planimetria, a quantidade de satélites visíveis é maior e melhores distribuídos, isso proporciona melhores soluções na determinação das coordenadas.



Fonte: A autora (2015).

A figura 13 traz o desvio padrão com 2σ de probabilidade encontrado para a BASE 2 no método de posicionamento relativo estático, neste caso as coordenadas N e h apresentaram precisão posicional menor no posicionamento com observações GPS/GLONASS e a coordenada E ficou melhor com observações GPS. No ajustamento foram consideradas somente as soluções fixas e as soluções flutuantes foram excluídas.

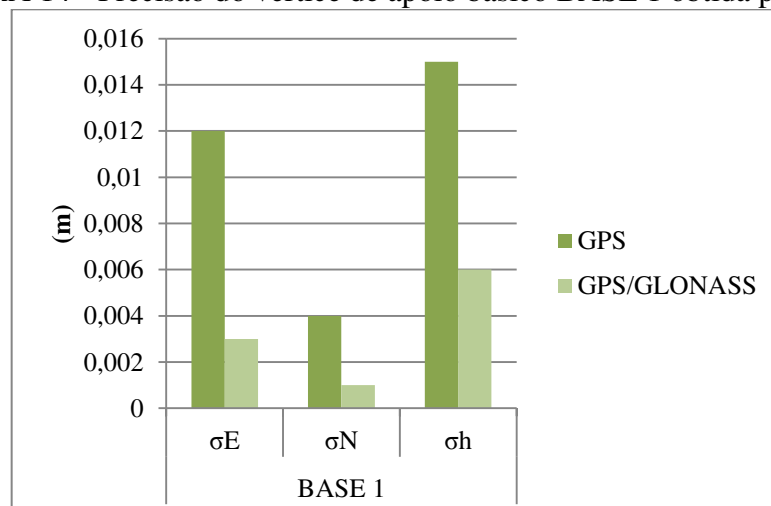
FIGURA 13 - Precisão do vértice de apoio BASE 2.



Fonte: A autora (2015).

Já a figura 14 mostra o desvio padrão do ponto de apoio BASE 1 obtido através do PPP. O IBGE-PPP, utilizado neste processamento também calcula o desvio padrão com 2σ de probabilidade. Os arquivos de observação utilizados neste processamento foram exatamente os mesmos utilizados no processamento relativo. Aqui os resultados com observação GPS/GLONASS trouxeram desvio padrão melhor em todas as coordenadas. Nota-se que as observações GLONASS proporcionaram melhoria na obtenção das coordenadas através do posicionamento absoluto.

FIGURA 14 - Precisão do vértice de apoio básico BASE 1 obtida pelo PPP.

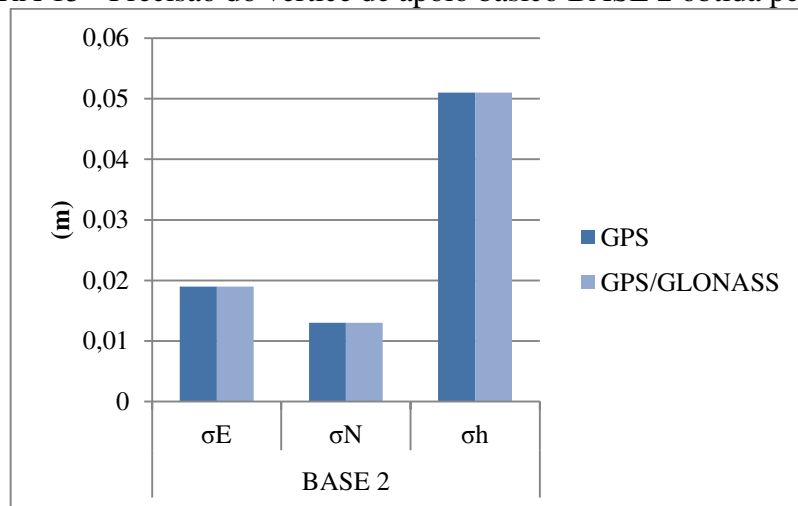


Fonte: A autora (2015).

Para a BASE 2 (figura 15), os desvios padrão obtidos foram os mesmos nas coordenadas E, N e h. Neste caso, mais uma vez o desvio padrão obtido foi com 2σ de probabilidade. Para a componente altimétrica, o desvio padrão continua sendo pior diante das

componentes planimétricas, isso ocorre devido a geometria dos satélites que é um problema na determinação desta coordenada. Neste caso, as observações dos satélites GLONASS não causaram nenhum impacto na determinação das coordenadas, já que as precisões alcançadas foram idênticas.

FIGURA 15 - Precisão do vértice de apoio básico BASE 2 obtida pelo PPP.



Fonte: A autora (2015).

A 3ª edição da NTGIR não especifica a precisão posicional que os vértices de apoio devem atingir, isso só é relatado na 2ª edição que não está mais em vigor. Mas, apesar disso, levando em consideração a última exigência feita sobre este assunto pelo INCRA, é possível notar tanto nas figuras 12, 13, 14 e 15 quanto na tabela 7 que os desvios padrão alcançados estão compatíveis com o que é exigido na 2ª NTGIR. Segundo a 2ª Norma Técnica, os vértices de apoio devem apresentar precisão posicional menor ou igual a 10 cm. Neste caso, ambas as bases alcançaram tal precisão, tanto nos resultados advindos do método de posicionamento relativo estático quanto no PPP, considerando observações GPS e GPS/GLONASS.

TABELA 7 – Coordenadas dos vértices de apoio com probabilidade de 2σ .

GPS/GLONASS						
PONTOS DE APOIO	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
RELATIVO ESTÁTICO						
BASE 1	230.164,475	7.929.412,073	876,470	0,009	0,008	0,047
BASE 2	230.376,920	7.929.374,327	880,875	0,008	0,006	0,033
PPP						
BASE 1	230.164,470	7.929.412,108	876,590	0,003	0,001	0,006
BASE 2	230.376,917	7.929.374,360	881,080	0,019	0,013	0,051
GPS						
RELATIVO ESTÁTICO						
BASE 1	230.164,476	7.929.412,070	876,482	0,006	0,006	0,034
BASE 2	230.376,917	7.929.374,327	880,892	0,007	0,007	0,040
PPP						
BASE 1	230.164,461	7.929.412,099	876,440	0,012	0,004	0,015
BASE 2	230.376,908	7.929.374,363	880,940	0,019	0,013	0,051

Fonte: A autora (2015).

Diante do contexto apresentado, é possível notar que o resultado mais satisfatório para o vértice de apoio BASE 1 foi obtido através do PPP com observações GPS/GLONASS, já para a BASE 2, o posicionamento relativo estático também com observações GPS/GLONASS. Essas coordenadas foram utilizadas no processamento dos vértices limítrofes do imóvel.

O posicionamento relativo sofre influências dos efeitos ionosféricos, pois se baseia em dois receptores que rastreiam simultaneamente os satélites visíveis no local do levantamento, porém, estes receptores estão expostos a comportamentos ionosféricos diferentes na maioria das vezes. Estudos apontam que o comprimento da linha de base neste caso podem não fazer diferença. É possível ter a mesma influência ionosférica no posicionamento com os receptores próximos ou distantes. Quanto mais divergente for o impacto da ionosfera entre um receptor e outro, pior será o resultado do posicionamento, pois a diluição deste erro consiste na diferença entre o erro ionosférico de um receptor e outro. No posicionamento absoluto isso não ocorre, pois somente um receptor é utilizado, portanto necessita-se de correção. Quando se tem disponível dados de duas frequências é possível utilizar a combinação *ion-free*, a qual permite eliminar os efeitos de primeira ordem da ionosfera. Contudo esta combinação faz com que as ambiguidades percam suas características de números inteiros, bem como realça outros níveis de ruído tal como o multicaminho.

Outro aspecto que merece atenção é a utilização de dados GPS/GLONASS, os quais fornecem melhor geometria de constelação para estimativa dos parâmetros, além de

proporcionar maior redundância para o ajustamento, o que gera maior confiabilidade dos resultados. No entanto, as coordenadas obtidas com o método combinado apresentaram melhores precisões.

Para calcular a melhoria entre as coordenadas encontradas considerando observações GPS e GPS/GLONASS se utiliza a seguinte equação:

$$Melhoria = \frac{Pior \sigma - Melhor \sigma}{Pior \sigma} * 100 \quad (16)$$

Na tabela 8 é apresentada a melhoria obtida entre observações GPS e GPS/GLONASS. No método de posicionamento relativo estático as precisões pioraram ao se utilizar observações GLONASS na BASE 1, já na BASE 2 pioraram na coordenada E e melhoraram na coordenada N e h. No PPP houve uma melhoria em todas as coordenadas do vértice BASE 1 utilizando o método combinado. No vértice BASE 2 não houve alterações.

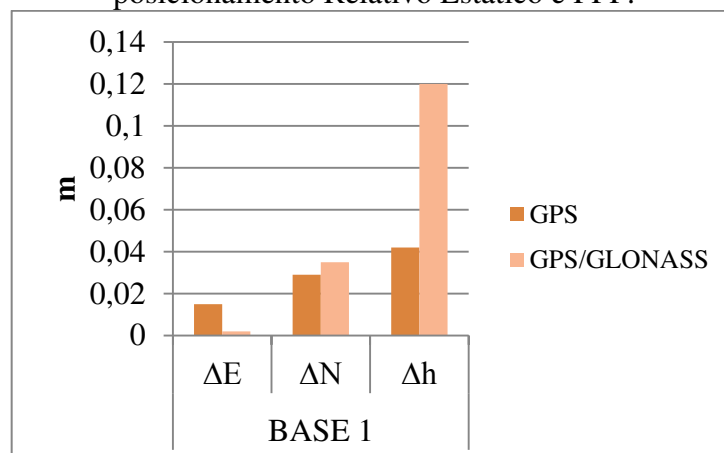
TABELA 8 – Melhoria obtida com observações GLONASS.

RELATIVO ESTÁTICO				PPP			
PONTO DE APOIO	MELHORIA (%)			PONTO DE APOIO	MELHORIA (%)		
	E	N	h		E	N	h
BASE 1	-33,33	-25	27,65	BASE 1	66,66	50	62,50
BASE 2	-12,50	14,28	17,50	BASE 2	0	0	0

Fonte: A autora (2015).

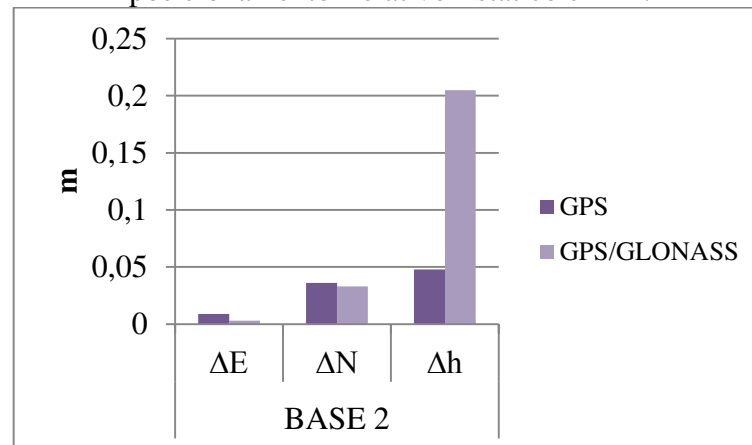
As discrepâncias resultantes entre as coordenadas obtidas utilizando o método relativo estático e PPP são apresentadas na figura 16 para o vértice BASE 1 e na figura 17 para o ponto BASE 2.

FIGURA 16 – Discrepância do vértice de apoio BASE 1 obtidas pelo método de posicionamento Relativo Estático e PPP.



Fonte: A autora (2015).

FIGURA 17 – Discrepância do vértice de apoio BASE 2 obtidas pelo método de posicionamento Relativo Estático e PPP.



Fonte: A autora (2015).

A tabela 9 mostra a discrepância entre as coordenadas encontradas por meio do PPP e do método de posicionamento relativo estático. A componente altimétrica foi quem apresentou diferença maior no processamento com observações GPS na BASE 2, podendo concluir que a geometria dos satélites no dia do levantamento estava desfavorável para a determinação desta coordenada.

TABELA 9 – Discrepância das coordenadas

DISCREPÂNCIA				
PONTO DE APOIO	SISTEMA DE POSICIONAMENTO	ΔE	ΔN	Δh
BASE 1	GPS/GLONASS	0,002	0,035	0,120
	GPS	0,015	0,029	0,042
BASE 2	GPS/GLONASS	0,009	0,036	0,048
	GPS	0,003	0,033	0,205

Fonte: A autora (2015).

Ao averiguar conjuntamente as figuras 16, 17 e a tabela 9, é possível constatar que a diferença obtida entre as coordenadas nos métodos de processamento foi de centímetros.

4.1.2. Análise do PPP na determinação dos vértices de apoio com diversos tempos de coleta de dados

Nesta estratégia de processamento (análise 2), os dados foram enviados ao PPP on-line do IBGE, que processa automaticamente os dados GPS/GLONASS, e os resultados são posteriormente enviados via e-mail ou disponibilizados para *download*. O IBGE-PPP utiliza 2σ de probabilidade na obtenção das coordenadas.

Foram enviados arquivos de 10 minutos, 30 minutos, 1, 2, 3 e 6 horas de rastreamento, com simples e dupla frequência para o sistema *on-line* do IBGE para processamento no modo PPP. Nos casos em que os arquivos de observação contêm apenas a observável L1, o IBGE-PPP corrigirá os erros decorrentes do adiantamento ou atraso da propagação dos sinais utilizando as informações sobre a ionosfera, visando melhorar os resultados do processamento. Essas informações são obtidas através dos mapas de ionosfera denominados *IONEX* (final e rápido) ou nos modelos de ionosfera enviados através das órbitas transmitidas (BRDC).

As coordenadas definidas em ITRF, assim como em qualquer outro sistema de referência de concepção global, mudam com o tempo devido ao deslocamento das placas e possivelmente a movimentos intraplaca, e é por esta razão que as suas coordenadas são referidas a uma época específica de tempo. A época deste levantamento é 2000,4.

Nesta etapa de processamento os dados foram comparados com o melhor resultado encontrado na análise anterior. O resultado mais satisfatório para o vértice BASE 1 foi através do PPP com observações GPS/GLONASS, já para a BASE 2, foi o método relativo estático também com observações GPS/GLONASS. Suas coordenadas e precisões são exibidas na tabela 10.

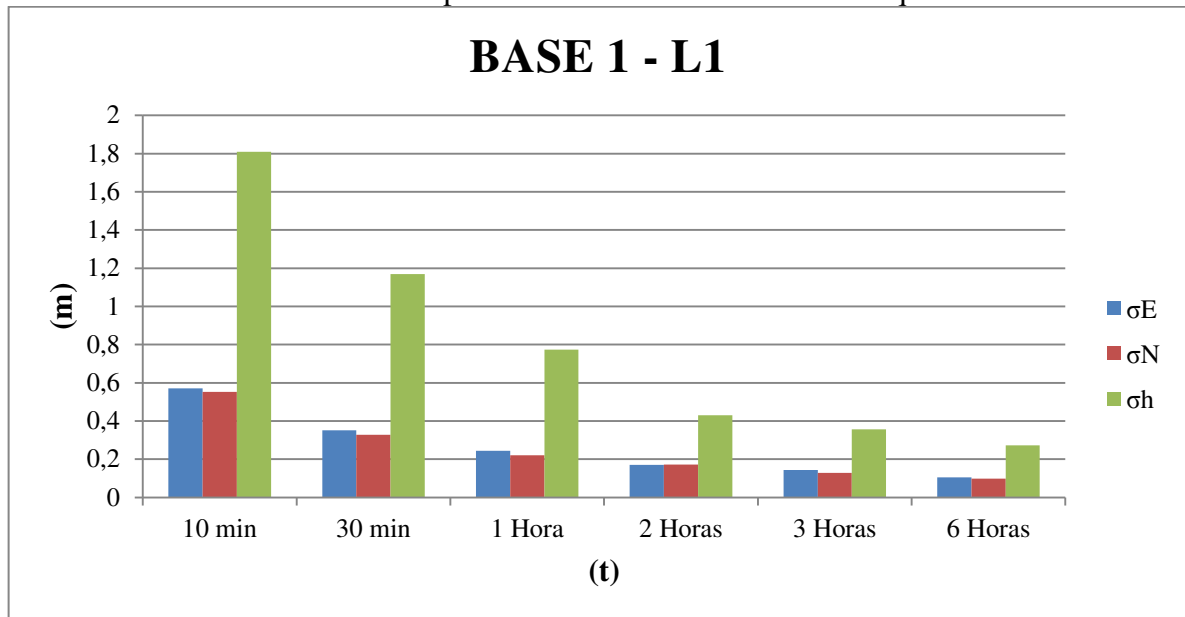
TABELA 10 – Melhor resultado da análise anterior.

MELHOR RESULTADO - 2σ de probabilidade						
PONTOS DE APOIO	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
BASE 1	230.164,470	7.929.412,108	876,590	0,002	0,001	0,003
BASE 2	230.376,920	7.929.374,327	880,875	0,008	0,006	0,033

Fonte: A Autora (2015).

A figura 18 mostra as precisões encontradas para o vértice BASE 1 no PPP para diferentes sessões de observação: 10 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 3 horas e 6 horas, com observável L1. Nota-se que conforme o tempo de coleta aumenta, o desvio padrão diminui, ou seja, a precisão tende a melhorar. A componente altimétrica apresenta desvio padrão maior em todas as sessões de observação, pois a determinação da altimetria sempre foi um problema, devido à geometria dos satélites que não é favorável para a determinação desta coordenada. A 3ª edição da NTGIR não informa a precisão que deve ser alcançada nos vértices de apoio, isso só é relatado na 2ª edição, a qual diz que a precisão para vértices de apoio deve ser de até 10 cm. Contudo, somente a coordenada planimétrica N com 6 horas de coleta de dados apresentou precisão melhor que 10 centímetros.

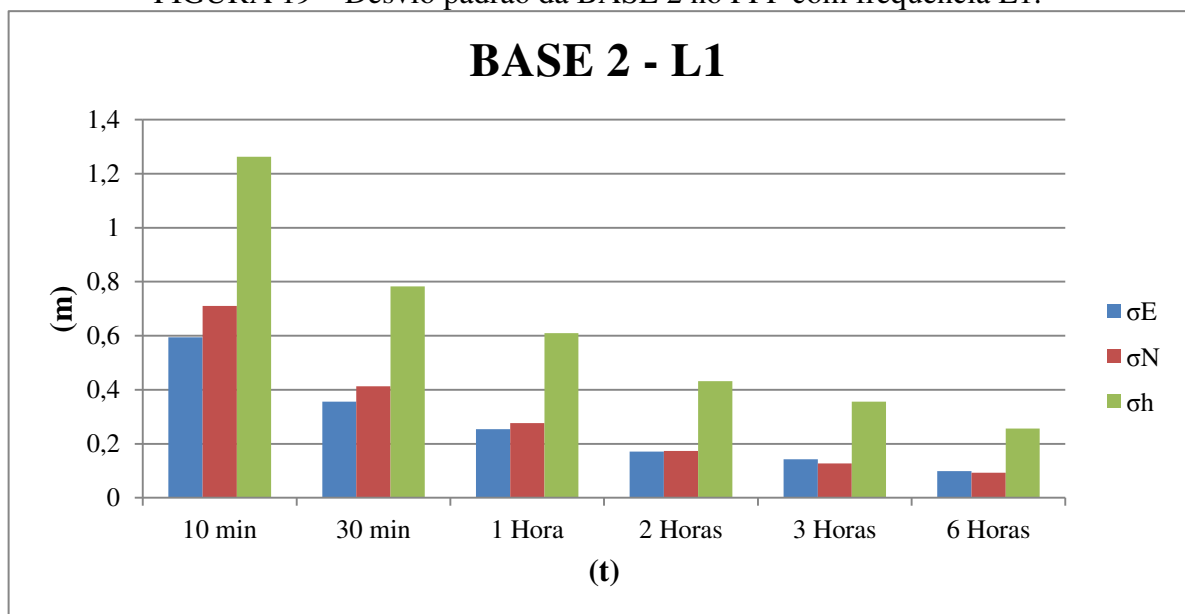
FIGURA 18 – Desvio padrão da BASE 1 no PPP com frequência L1.



Fonte: A autora (2015).

A figura 19 traz as mesmas informações da figura anterior, porém para o vértice BASE 2, e do mesmo modo que no vértice de apoio BASE 1, conforme o tempo de coleta aumenta, o desvio padrão diminui, melhorando a precisão das coordenadas. A altitude também obteve precisão pior em todas as sessões de observação e apenas as coordenadas planimétricas E e N com 6 horas de coleta de dados apresentaram precisão melhor que 10 centímetros, já a altitude não alcançou os 10 centímetros de precisão exigidos na 2ª NTGIR.

FIGURA 19 – Desvio padrão da BASE 2 no PPP com frequência L1.



Fonte: A autora (2015).

A tabela 11 apresenta as coordenadas e suas precisões encontradas para os diversos tempos de coleta de dados com frequência L1. Como dito anteriormente, a 3ª NTGIR não especifica a precisão permitida para vértices de apoio. No entanto, levando em consideração a 2ª edição, nota-se que as coordenadas planimétricas N da BASE 1 e as coordenadas E e N da BASE 2 com tempo de coleta de 6 horas foram as únicas que apresentaram desvio padrão menor que 0,10 m, já a altitude foi maior que este valor.

Ao observar o melhor resultado obtido na análise anterior (exposto na tabela 10), constata-se que as precisões posicionais alcançadas tanto para o vértice de apoio BASE 1 quanto para a BASE 2, foram melhores se comparadas a todas sessões de observação apresentadas na tabela 11. Porém, o método de processamento no melhor resultado levou em consideração dupla frequência em ambos os vértices, já no PPP das sessões expostas na tabela 11, foi considerado somente simples frequência. PPP com observações advindas de receptores de simples frequência proporcionam resultados com pior acurácia, em especial na componente altimétrica. A razão principal para isso são os efeitos da ionosfera, haja vista que todos os demais erros e efeitos podem ser tratados da mesma maneira que em situações em que se têm observações de receptores de dupla frequência.

TABELA 11 – PPP dos vértices de apoio com frequência L1.

L1 - 2σ de probabilidade						
PONTOS DE APOIO	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
10 MINUTOS						
BASE 1	230.164,923	7.929.412,991	875,240	0,571	0,552	1,809
BASE 2	230.377,295	7.929.374,556	879,420	0,594	0,710	1,263
30 MINUTOS						
BASE 1	230.164,864	7.929.412,827	875,730	0,351	0,328	1,170
BASE 2	230.377,285	7.929.374,436	879,540	0,356	0,413	0,783
1 HORA						
BASE 1	230.165,033	7.929.412,673	876,370	0,244	0,221	0,774
BASE 2	230.377,177	7.929.374,423	879,620	0,254	0,276	0,610
2 HORAS						
BASE 1	230.165,152	7.929.412,146	875,520	0,171	0,172	0,430
BASE 2	230.376,728	7.929.374,084	879,840	0,171	0,173	0,432
3 HORAS						
BASE 1	230.164,699	7.929.411,837	876,080	0,144	0,128	0,356
BASE 2	230.377,010	7.929.373,633	880,450	0,143	0,127	0,356
6 HORAS						
BASE 1	230.164,972	7.929.412,078	876,050	0,106	0,099	0,273
BASE 2	230.377,049	7.929.373,950	880,110	0,099	0,093	0,256

Fonte: A autora (2015).

A tabela 12 relata a discrepância entre as coordenadas advindas do PPP com diversos tempos de coleta e o melhor resultado da análise anterior. A coordenada E do vértice BASE 1 apresenta uma diferença mínima no valor de 0,229 m e uma diferença máxima no valor de 0,682 m, já a coordenada N do mesmo vértice tem um valor mínimo de 0,030 m e um máximo de 0,883 m. A altitude (h) da BASE 1 traz uma diferença mínima de 0,510 m e a diferença máxima de 1,350 m. A coordenada N sofreu maior variação em relação a coordenada E.

O vértice de apoio BASE 2 obteve uma diferença mínima de 0,090 m e uma diferença máxima de 0,375 m na coordenada E. Na coordenada N, o valor mínimo foi de 0,096 m e o valor máximo de 0,694 m. Já na coordenada h, tem-se um mínimo de 1,035 m e um valor máximo de 1,455 m. Mais uma vez a coordenada N sofreu maior variação em relação a coordenada E.

TABELA 12 - Discrepância entre as coordenadas do vértice de apoio na frequência L1.

PPP-L1 x MELHOR RESULTADO			
	ΔE (m)	ΔN (m)	Δh (m)
10 MINUTOS			
BASE 1	0,453	0,883	1,350
BASE 2	0,375	0,229	1,455
30 MINUTOS			
BASE 1	0,394	0,719	0,860
BASE 2	0,365	0,109	1,335
1 HORA			
BASE 1	0,563	0,515	1,220
BASE 2	0,257	0,096	1,255
2 HORAS			
BASE 1	0,682	0,038	1,070
BASE 2	0,192	0,243	1,035
3 HORAS			
BASE 1	0,229	0,271	0,510
BASE 2	0,090	0,694	0,425
6 HORAS			
BASE 1	0,502	0,030	0,540
BASE 2	0,129	0,397	0,765

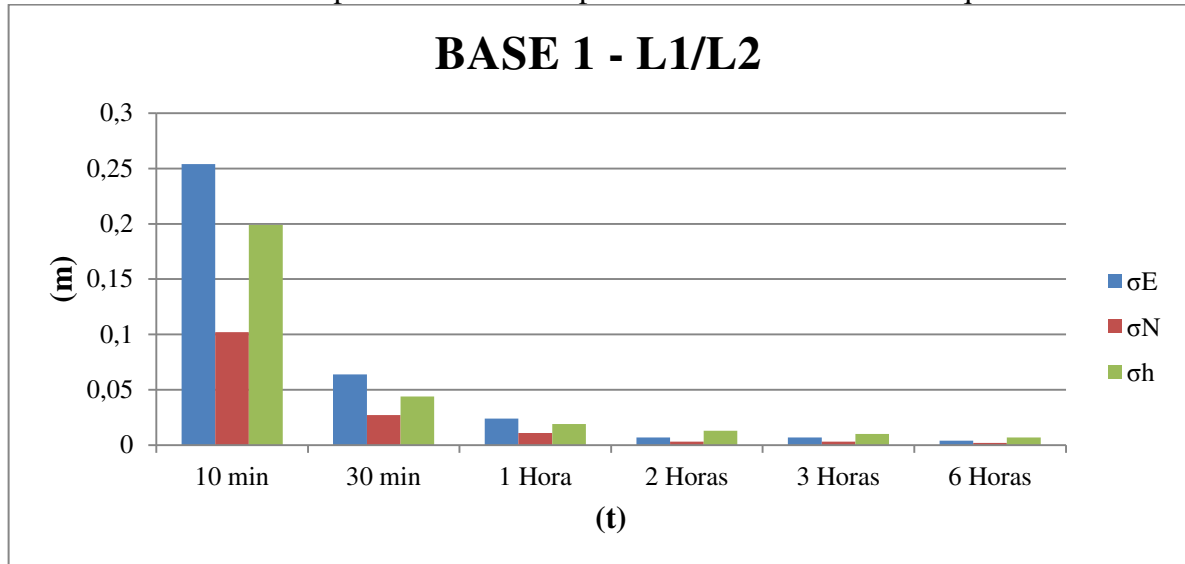
Fonte: A Autora (2015).

Dando continuidade a estratégia de processamento da análise 2, utilizando dupla frequência, a figura 20 exhibe o desvio padrão encontrado para o vértice de apoio BASE 1 por meio do PPP com diversos tempos de coleta de dados: 10 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 3 horas e 6 horas. Pode-se observar que conforme o tempo de coleta aumenta, o desvio padrão diminui, ou seja, a precisão tende a melhorar.

A coordenada E apresentou pior desvio padrão até a coleta de 1 hora. A partir de 2 horas, a componente altimétrica assume a posição de maior desvio padrão. No PPP, o

intervalo de tempo requerido para iniciar um posicionamento com precisão decimétrica é de, geralmente 30 minutos, podendo tornar-se significativamente mais longo, antes da solução convergir para um posicionamento com precisão centimétrica.

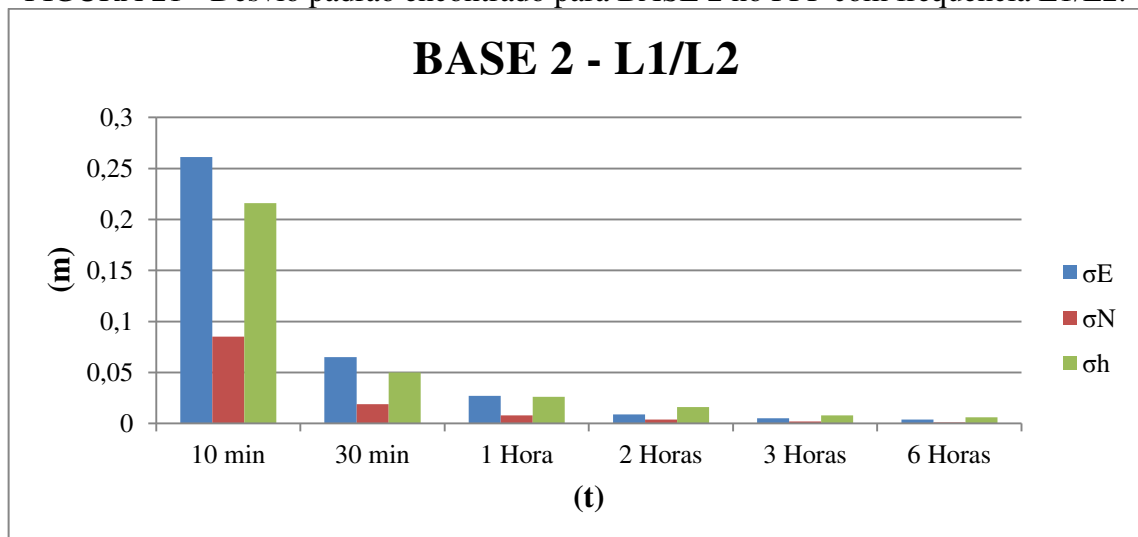
FIGURA 20 - Desvio padrão encontrado para BASE 1 no PPP com frequência L1/L2.



Fonte: A autora (2015).

A figura 21 traz as mesmas informações da figura anterior, porém para o vértice BASE 2. Assim como ocorre na BASE 1, observa-se que conforme o tempo de coleta aumenta, o desvio padrão diminui, melhorando a precisão das coordenadas. Novamente, a coordenada E apresentou pior desvio padrão até a coleta de 1 hora e após a coleta de 2 horas, a coordenada h apresenta pior precisão.

FIGURA 21 - Desvio padrão encontrado para BASE 2 no PPP com frequência L1/L2.



Fonte: A autora (2015).

Observando o melhor resultado obtido na análise anterior (tabela 13), juntamente com o rastreamento de 6 horas exibido na tabela 14, nota-se que a precisão encontrada nos vértices de apoio foram próximas. Para a BASE 1, o melhor resultado prevalece com desvio padrão menor, já para a BASE 2 a sessão de observação de 6 horas do PPP apresentou melhor precisão. No melhor resultado, a BASE 1 foi processada pelo PPP considerando os arquivos de coleta de dados de todos os dias do levantamento, já a BASE 2 foi processada pelo método relativo estático e também utilizou-se todas as sessões de observação obtidas em todos os dias do levantamento.

TABELA 13 – Melhor resultado obtido na análise 1.

MELHOR RESULTADO - 2σ de probabilidade						
PONTOS DE APOIO	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
BASE 1	230.164,470	7.929.412,108	876,590	0,002	0,001	0,003
BASE 2	230.376,920	7.929.374,327	880,875	0,008	0,006	0,033

Fonte: A Autora (2015).

A tabela 14 escreve as coordenadas e suas precisões encontradas para os diversos tempos de coleta de dados com frequência L1/L2. De acordo com a 2ª edição da Norma Técnica, as coordenadas obtidas com tempo de coleta maior ou igual a 30 minutos são aceitáveis para fins de georreferenciamento de imóveis rurais, pois apresentam precisão melhor que 10 centímetros.

Ao analisar conjuntamente a tabela 11 com coordenadas obtidas através da observável L1 e a tabela 14 com coordenadas obtidas através de dupla frequência, nota-se que para as diversas sessões de observação, as coordenadas de dupla frequência trouxeram melhor precisão posicional. O PPP com simples frequência proporciona resultados com pior acurácia, em especial na componente altimétrica. A razão principal para isso são os efeitos da ionosfera, pois os demais erros e efeitos podem ser tratados da mesma maneira que em situações em que se tem observações de receptores de dupla frequência. Com dados de duas frequências é possível utilizar a combinação *ion-free*, a qual permite eliminar os efeitos de primeira ordem da ionosfera.

TABELA 14 - PPP dos vértices de apoio com frequência L1/L2.

L1/L2 - 2σ de probabilidade						
PONTOS DE APOIO	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
10 MINUTOS						
BASE 1	230.164,665	7.929.412,163	876,700	0,254	0,102	0,199
BASE 2	230.376,999	7.929.374,386	880,410	0,261	0,085	0,216
30 MINUTOS						
BASE 1	230.164,546	7.929.412,128	876,760	0,064	0,027	0,044
BASE 2	230.376,859	7.929.374,341	880,390	0,065	0,019	0,050
1 HORA						
BASE 1	230.164,487	7.929.412,111	876,760	0,024	0,011	0,019
BASE 2	230.376,935	7.929.374,339	880,460	0,027	0,008	0,026
2 HORAS						
BASE 1	230.164,461	7.929.412,105	876,790	0,007	0,003	0,013
BASE 2	230.376,914	7.929.374,354	880,490	0,009	0,004	0,016
3 HORAS						
BASE 1	230.164,473	7.929.412,105	876,770	0,007	0,003	0,010
BASE 2	230.376,917	7.929.374,357	880,480	0,005	0,002	0,008
6 HORAS						
BASE 1	230.164,464	7.929.412,105	876,780	0,004	0,002	0,007
BASE 2	230.376,917	7.929.374,354	880,470	0,004	0,001	0,006

Fonte: A autora (2015).

A tabela 15 exhibe a discrepância entre as coordenadas advindas do PPP para dupla frequência com diversos tempos de coleta e o melhor resultado da análise anterior. A coordenada E do vértice BASE 1 apresenta uma diferença mínima no valor de 0,003 m e uma diferença máxima no valor de 0,195 m, já a coordenada N do mesmo vértice tem um valor mínimo de 0,003 m e um máximo de 0,059 m. A altitude (h) da BASE 1 traz uma diferença mínima de 0,110 m e a diferença máxima de 0,200 m. A coordenada E sofreu maior variação em relação a coordenada N.

O vértice de apoio BASE 2 obteve uma diferença mínima de 0,003 m e uma diferença máxima de 0,079 m na coordenada E. Na coordenada N, o valor mínimo foi de 0,012 m e o valor máximo de 0,059 m. Já na coordenada h, tem-se um mínimo de 0,385 m e um valor máximo de 0,485 m. Mais uma vez a coordenada E sofreu maior variação em relação a coordenada N.

TABELA 15 – Discrepância entre as coordenadas do vértice de apoio na frequência L1/L2.

PPP-L1/L2 x MELHOR RESULTADO			
	ΔE	ΔN	Δh
10 MINUTOS			
BASE 1	0,195	0,055	0,110
BASE 2	0,079	0,059	0,465
30 MINUTOS			
BASE 1	0,076	0,020	0,170
BASE 2	0,061	0,014	0,485
1 HORA			
BASE 1	0,003	0,003	0,170
BASE 2	0,015	0,012	0,415
2 HORAS			
BASE 1	0,009	0,003	0,200
BASE 2	0,006	0,027	0,385
3 HORAS			
BASE 1	0,003	0,003	0,180
BASE 2	0,003	0,030	0,395
6 HORAS			
BASE 1	0,006	0,003	0,190
BASE 2	0,003	0,027	0,405

Fonte: A Autora (2015).

4.2. Determinação dos Vértices Limites

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos no processamento dos pontos limítrofes da área teste. Para estes adotaram-se como referência as coordenadas dos pontos de apoio básico, obtidas no melhor processamento da análise 1, juntamente com seus respectivos desvios-padrão (tabela 16). É importante lembrar que o vértice de apoio BASE 1 foi processado por meio do PPP e o vértice BASE 2 por meio do método relativo estático, e em ambos os casos foram considerados as diversas sessões de coleta de dados durante todos os dias do levantamento. O desvio padrão encontrado para cada coordenada referente aos vértices de apoio foi levado em consideração durante o processamento dos vértices limítrofes. Quando um parâmetro é mantido fixo no ajustamento, tem-se a injunção designada de absoluta. Neste caso, a variância do parâmetro é considerada nula. Se a variância do parâmetro for conhecida, ele será tratado como observações adicionais ou pseudo-observações, constituindo a chamada injunção relativa. Os resultados serão apresentados de acordo com o processamento realizado.

TABELA 16 – Coordenadas utilizadas no processamento dos vértices limites.

MELHOR RESULTADO - 2σ de probabilidade						
PONTOS DE APOIO	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
BASE 1	230.164,470	7.929.412,108	876,590	0,002	0,001	0,003
BASE 2	230.376,920	7.929.374,327	880,875	0,008	0,006	0,033

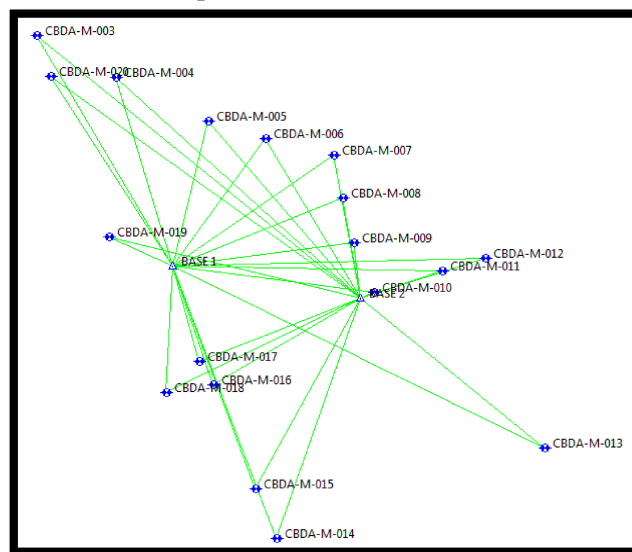
Fonte: A Autora (2015).

4.2.1. Análise dos pontos do limite a partir de dois vértices de apoio e um vértice de apoio

Nesta etapa de processamento, as coordenadas dos vértices do perímetro foram obtidas levando em consideração um vértice de apoio e também os dois vértices de apoio. Primeiramente foram processados em relação aos vértices BASE 1 e BASE 2 (figura 22), posteriormente em relação à BASE 1 (figura 23) e em seguida à BASE 2 (figura 24). Os vértices limítrofes foram levantados durante os dias 21, 22 e 23 de julho de 2015 com um tempo de coleta de dados de 30 minutos em cada vértice. Todas as coordenadas foram processadas com 2σ de probabilidade.

A figura 22 ilustra as linhas de base formadas entre os dois vértices de apoio e os vértices limítrofes do terreno.

FIGURA 22 – Linhas base processadas em relação a dois vértices de apoio.



Fonte: Adaptado de *Topcon Tools* (2015).

A tabela 17 exibe as coordenadas dos vértices do perímetro e seus respectivos desvios padrão alcançados quando processados em relação ao vértice de apoio BASE 1 e BASE 2. Verifica-se que os pontos apresentam desvios padrão da ordem de milímetros e centímetros. De acordo com a 3ª edição da NTGIR, os vértices do limite do imóvel devem apresentar precisão melhor ou igual a 0,5 m, portanto, esta estratégia de processamento de dados está dentro dos padrões exigidos para georreferenciamento de imóveis rurais. Analisando os vértices que apresentaram desvio padrão na ordem de centímetros, sendo eles, CBDA_M_003, CBDA_M_009, CBDA_M_011, CBDA_M_016 e CBDA_M_017, torna-se

importante esclarecer que estes são os vértices que sofreram maior obstrução de sinal, já que estão localizados em locais do perímetro que fazem fronteira com áreas de Reserva Legal, ou seja, há uma vegetação densa próxima a esses pontos e no posicionamento GNSS, a vegetação é uma das maiores responsáveis por causar multicaminho do sinal.

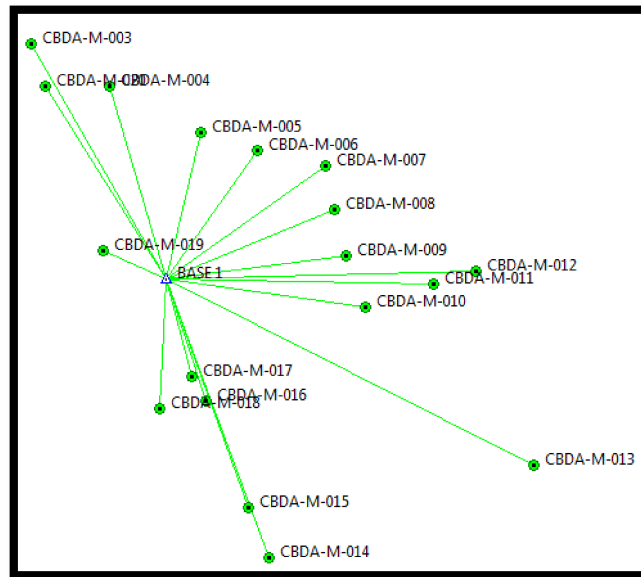
TABELA 17 - Coordenadas dos vértices de limite a partir dos vértices de apoio BASE 1 e BASE 2.

BASE 1 E BASE 2 - 2σ de probabilidade						
VÉRTICES LIMÍTROFES	E (m)	N (m)	h (m)	σE(m)	σN(m)	σh (m)
CBDA-M-003	230.009,364	7.929.681,879	881,605	0,017	0,027	0,071
CBDA-M-004	230.099,202	7.929.632,741	883,009	0,003	0,003	0,007
CBDA-M-005	230.203,784	7.929.580,696	883,197	0,002	0,002	0,006
CBDA-M-006	230.268,998	7.929.560,490	883,214	0,003	0,002	0,011
CBDA-M-007	230.346,350	7.929.541,621	883,584	0,004	0,007	0,014
CBDA-M-008	230.357,162	7.929.491,631	882,536	0,005	0,006	0,032
CBDA-M-009	230.369,493	7.929.439,083	881,903	0,014	0,016	0,058
CBDA-M-010	230.392,394	7.929.380,476	881,598	0,003	0,003	0,010
CBDA-M-011	230.469,420	7.929.406,440	884,206	0,018	0,010	0,037
CBDA-M-012	230.518,060	7.929.421,275	885,773	0,004	0,003	0,014
CBDA-M-013	230.585,199	7.929.198,800	883,310	0,005	0,009	0,020
CBDA-M-014	230.281,926	7.929.093,429	874,051	0,004	0,006	0,019
CBDA-M-015	230.257,979	7.929.150,970	873,909	0,005	0,005	0,019
CBDA-M-016	230.209,756	7.929.273,209	874,745	0,018	0,011	0,170
CBDA-M-017	230.193,782	7.929.300,522	873,547	0,031	0,032	0,115
CBDA-M-018	230.156,020	7.929.263,625	870,984	0,002	0,002	0,008
CBDA-M-019	230.092,037	7.929.445,524	876,969	0,002	0,003	0,009
CBDA-M-020	230.025,263	7.929.633,089	881,279	0,009	0,006	0,031

Fonte: A autora (2015).

A figura 23 mostra as linhas de bases formadas entre os vértices de limite e o vértice de apoio BASE 1. Neste caso os pontos limítrofes foram processados e ajustados somente em relação à BASE 1. Quando o processamento é realizado levando em consideração somente um vértice de referência, ao ajustar os pontos, os erros presente no vértice de apoio são propagados para os demais pontos, ou seja, o ajustamento não é efetuado, o que ocorreu neste caso e resultaram em precisões inferiores às precisões obtidas no processamento anterior.

FIGURA 23 – Linhas base processadas em relação ao vértice de apoio BASE 1.



Fonte: Adaptado de *Topcon Tools* (2015).

A tabela 18 aponta as coordenadas dos vértices do perímetro e seus respectivos desvios padrão alcançados quando processados em relação ao vértice de apoio BASE 1. Nota-se que em alguns pontos os desvios padrão são da ordem de milímetros e em outros são da ordem de centímetros. O vértice CBDA_M_016 apresentou pior desvio padrão se comparado aos demais, pois este vértice sofreu grande obstrução de sinal devido a vegetação densa próxima ao local.

As precisões alcançadas em todos os vértices são menor que os 0,5 m exigidos pelo INCRA, ou seja, as coordenadas obtidas são aceitáveis para fins de georreferenciamento de imóveis rurais tendo em vista a 3ª edição da NTGIR, exceto a coordenada h do vértice CBDA_M_016 que ultrapassou os 50 centímetros nesta componente. A componente altimétrica apresentou pior desvio padrão em todos os vértices, já que a determinação desta coordenada sempre foi mais complicada devido à geometria dos satélites que não são favoráveis.

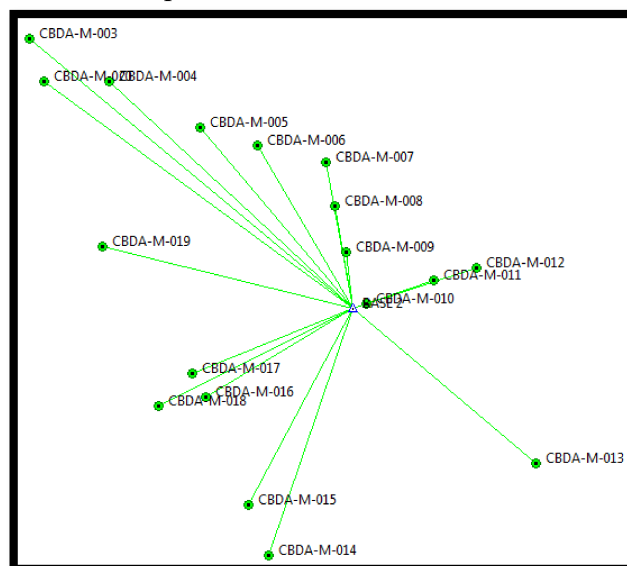
TABELA 18 - Coordenadas dos vértices de limite a partir do vértice de apoio BASE 1.

BASE 1 - 2 σ de probabilidade						
VÉRTICES LIMÍTROFES	E (m)	N (m)	h (m)	$\sigma E(m)$	$\sigma N(m)$	$\sigma h (m)$
CBDA-M-003	230.009,348	7.929.681,896	881,588	0,028	0,032	0,099
CBDA-M-004	230.099,199	7.929.632,774	882,964	0,003	0,003	0,009
CBDA-M-005	230.203,776	7.929.580,725	883,161	0,002	0,002	0,005
CBDA-M-006	230.268,978	7.929.560,517	883,133	0,008	0,006	0,031
CBDA-M-007	230.346,338	7.929.541,642	883,488	0,007	0,007	0,018
CBDA-M-008	230.357,147	7.929.491,656	882,490	0,005	0,005	0,032
CBDA-M-009	230.369,490	7.929.439,133	881,893	0,014	0,017	0,071
CBDA-M-010	230.392,385	7.929.380,510	881,514	0,006	0,006	0,011
CBDA-M-011	230.469,413	7.929.406,460	884,200	0,011	0,008	0,036
CBDA-M-012	230.518,049	7.929.421,307	885,741	0,003	0,002	0,008
CBDA-M-013	230.585,190	7.929.198,830	883,288	0,006	0,009	0,022
CBDA-M-014	230.281,923	7.929.093,453	874,022	0,003	0,005	0,012
CBDA-M-015	230.258,015	7.929.151,008	873,612	0,025	0,010	0,047
CBDA-M-016	230.209,368	7.929.273,881	872,196	0,277	0,324	1,419
CBDA-M-017	230.193,772	7.929.300,534	873,537	0,009	0,009	0,021
CBDA-M-018	230.156,004	7.929.263,656	870,937	0,003	0,002	0,014
CBDA-M-019	230.092,020	7.929.445,555	876,938	0,002	0,002	0,006
CBDA-M-020	230.025,248	7.929.633,111	881,191	0,012	0,008	0,042

Fonte: A autora (2015).

Já a figura 24 mostra as linhas de bases formadas entre os vértices de limite e o vértice de apoio BASE 2. Aqui os pontos do limite foram processados e ajustados somente em relação à BASE 2. Do mesmo modo que a análise anterior, o processamento é realizado levando em consideração somente um vértice de referência, no entanto, o ajustamento resulta na propagação dos erros do vértice de referência para os demais pontos, ou seja, o ajustamento não é concretizado e a precisão é pior se comparadas ao processamento em que se utilizaram dois vértices de apoio como referência.

FIGURA 24 - Linhas base processadas em relação ao vértice de apoio BASE 2.



Fonte: Adaptado de Topcon Tools (2015).

A tabela 19 demonstra as coordenadas dos vértices do perímetro e seus respectivos desvios padrão alcançados quando processados em relação ao vértice de apoio BASE 2. Contempla-se que em alguns pontos os desvios padrão são da ordem de milímetros e outros da ordem de centímetros. O vértice CBDA_M_016 novamente apresentou pior precisão devido à ocorrência de obstrução de sinal. Os vértices CBDA_M_003 e CBDA_M_017 trouxeram desvio padrão maiores em relação aos demais vértices, também devido à obstrução de sinal que foi intensa nesses casos. Mais uma vez a componente altimétrica apresentou pior desvio padrão em relação às coordenadas planimétricas.

Todas as coordenadas trouxeram precisão melhor que 50 centímetros, ou seja, esta estratégia de processamento de dados é aceita para fins de georreferenciamento de imóveis rurais tendo em vista de 3ª edição da Norma Técnica.

TABELA 19 - Coordenadas dos vértices de limite a partir do vértice de apoio BASE 2.

BASE 2 - 2σ de probabilidade						
VÉRTICES LIMÍTROFES	E (m)	N (m)	h (m)	σE(m)	σN(m)	σh (m)
CBDA-M-003	230.009,351	7.929.681,860	881,432	0,022	0,027	0,085
CBDA-M-004	230.099,201	7.929.632,736	882,825	0,008	0,006	0,033
CBDA-M-005	230.203,780	7.929.580,685	883,015	0,008	0,006	0,033
CBDA-M-006	230.268,988	7.929.560,482	883,012	0,010	0,007	0,050
CBDA-M-007	230.346,342	7.929.541,602	883,346	0,010	0,008	0,035
CBDA-M-008	230.357,120	7.929.491,613	882,154	0,019	0,023	0,141
CBDA-M-009	230.369,500	7.929.439,103	881,766	0,015	0,016	0,072
CBDA-M-010	230.392,395	7.929.380,473	881,409	0,009	0,007	0,034
CBDA-M-011	230.469,423	7.929.406,431	884,068	0,013	0,010	0,049
CBDA-M-012	230.518,058	7.929.421,274	885,612	0,008	0,006	0,033
CBDA-M-013	230.585,199	7.929.198,805	883,115	0,008	0,007	0,034
CBDA-M-014	230.281,924	7.929.093,435	873,844	0,008	0,007	0,035
CBDA-M-015	230.258,021	7.929.150,978	873,477	0,028	0,013	0,061
CBDA-M-016	230.210,069	7.929.273,325	874,860	0,121	0,131	0,372
CBDA-M-017	230.193,401	7.929.300,627	873,204	0,037	0,037	0,108
CBDA-M-018	230.156,021	7.929.263,620	870,814	0,009	0,006	0,039
CBDA-M-019	230.092,036	7.929.445,515	876,809	0,008	0,006	0,033
CBDA-M-020	230.025,247	7.929.633,072	881,050	0,014	0,010	0,053

Fonte: A autora (2015).

As diferenças encontradas entre um método de processamento e outro ocorrem, pois, quando os pontos são processados e ajustado em relação aos dois vértices de apoio é possível realizar o ajustamento, já quando são processados em relação a um vértice de apoio somente, ao ajustar, os erros embutidos no vértice referência se propagam para os pontos do perímetro, prejudicando assim o posicionamento.

4.2.2. Análise dos vértices de limite a partir de diversos tempos de rastreo considerando simples e dupla frequência

Nesta etapa de processamento, os vértices limítrofes foram processados em relação aos dois vértices de apoio (BASE 1 e BASE 2), com tempos de coleta de dados de 5, 10, 20 e 30 minutos e com frequência L1 e L1/L2. Mais uma vez as coordenadas utilizadas como referência para o processamento dos vértices do limite foram as coordenadas consideradas como melhor resultado na análise 1 do processamento envolvendo os vértices de apoio (tabela 20). Novamente o desvio padrão encontrado para cada coordenada dos vértices de apoio foi levado em consideração durante o processamento dos vértices limítrofes.

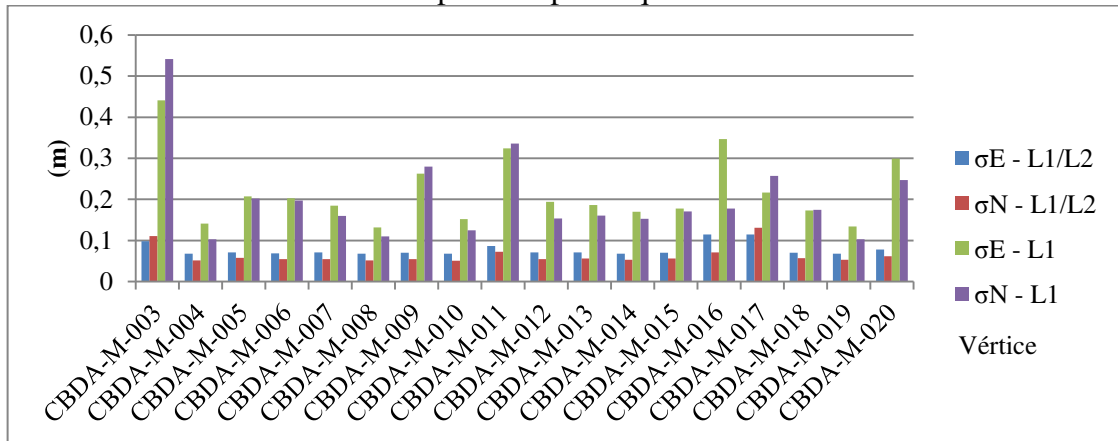
TABELA 20 – Coordenadas do vértice de apoio utilizadas no processamento dos vértices limítrofes.

MELHOR RESULTADO - 2σ de probabilidade						
PONTOS DE APOIO	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
BASE 1	230.164,470	7.929.412,108	876,590	0,002	0,001	0,003
BASE 2	230.376,920	7.929.374,327	880,875	0,008	0,006	0,033

Fonte: A autora (2015).

A figura 25 mostra um comparativo entre os desvios padrão obtido utilizando simples e dupla frequência com cinco minutos de ocupação. A cor verde e roxa representa as coordenadas planimétricas obtidas com simples frequência, já as cores azul e vermelho são referente às coordenadas planimétricas obtidas com dupla frequência. Nota-se que as coordenadas advindas de dados de simples frequência apresentaram desvio padrão maior se comparadas às coordenadas advindas de dados de dupla frequência. Nos vértices com ocorrência maior de obstrução de sinal, ou seja, quando há obstrução da chegada do sinal de um ou mais satélites ao receptor, essa diferença de desvio padrão foi ainda maior. A perda de ciclos é a perda na contagem do número de ciclos medidos entre o satélite e o receptor e contamina todas as observações subsequentes ao satélite envolvido. Os métodos mais comuns para eliminar essas perdas é a tripla diferença da fase e combinações lineares entre as duas portadoras, porém não é possível aplica-los em conjunto de dados oriundos de receptor de apenas uma frequência.

FIGURA 25 – Desvio padrão dos vértices de limite com 5 min de rastreo considerando simples e dupla frequência.



Fonte: A autora (2015).

A tabela 21 traz as coordenadas encontradas com 5 minutos de rastreo no modo L1/L2 juntamente com os desvios padrão. Observa-se que os desvios padrão encontrados são da ordem de centímetros e não ultrapassam os 0,5 metros exigidos pela NTGIR, ou seja, cinco minutos de coleta de dados com receptores de dupla frequência são suficientes para fins de georreferenciamento de imóveis rurais neste caso.

Os vértices CBDA_M_003, CBDA_M_016 e CBDA_M_017 apresentaram desvios padrão maiores, pois estão localizados em locais com vegetação densa, ocasionando multicaminho.

TABELA 21 - Coordenadas dos vértices de limite com 5 minutos de rastreo considerando dupla frequência.

5 MINUTOS – FREQUÊNCIA L1/L2						
VÉRTICES LIMÍTROFES	E (m)	N (m)	h (m)	σE(m)	σN(m)	σh (m)
CBDA-M-003	230.009,369	7.929.681,877	881,539	0,098	0,111	0,042
CBDA-M-004	230.099,208	7.929.632,737	882,970	0,068	0,052	0,010
CBDA-M-005	230.203,781	7.929.580,687	883,164	0,071	0,058	0,018
CBDA-M-006	230.268,999	7.929.560,481	883,198	0,069	0,055	0,016
CBDA-M-007	230.346,348	7.929.541,620	883,522	0,071	0,055	0,014
CBDA-M-008	230.357,166	7.929.491,630	882,475	0,068	0,052	0,012
CBDA-M-009	230.369,492	7.929.439,052	881,911	0,070	0,055	0,013
CBDA-M-010	230.392,392	7.929.380,469	881,552	0,068	0,051	0,012
CBDA-M-011	230.469,424	7.929.406,434	884,211	0,087	0,073	0,034
CBDA-M-012	230.518,064	7.929.421,264	885,744	0,071	0,055	0,014
CBDA-M-013	230.585,197	7.929.198,800	883,231	0,071	0,056	0,016
CBDA-M-014	230.281,926	7.929.093,419	873,986	0,068	0,053	0,010
CBDA-M-015	230.257,979	7.929.150,974	873,823	0,070	0,056	0,018
CBDA-M-016	230.210,741	7.929.272,847	873,873	0,115	0,071	0,085
CBDA-M-017	230.193,758	7.929.300,470	873,565	0,115	0,131	0,053
CBDA-M-018	230.156,015	7.929.263,626	870,937	0,070	0,057	0,016
CBDA-M-019	230.092,032	7.929.445,521	876,928	0,068	0,053	0,011
CBDA-M-020	230.025,269	7.929.633,075	881,231	0,078	0,062	0,023

Fonte: A autora (2015).

A tabela 22 exibe as coordenadas encontradas com 5 minutos de rastreamento com frequência L1, acompanhadas de seus respectivos desvios padrão. Percebe-se que os desvios padrão encontrados são da ordem de centímetros. O vértice CBDA_M_003 apresentou desvio padrão maior que 50 centímetros na coordenada N, ou seja, este vértice não respeita as exigências descritas na 3ª NTGIR.

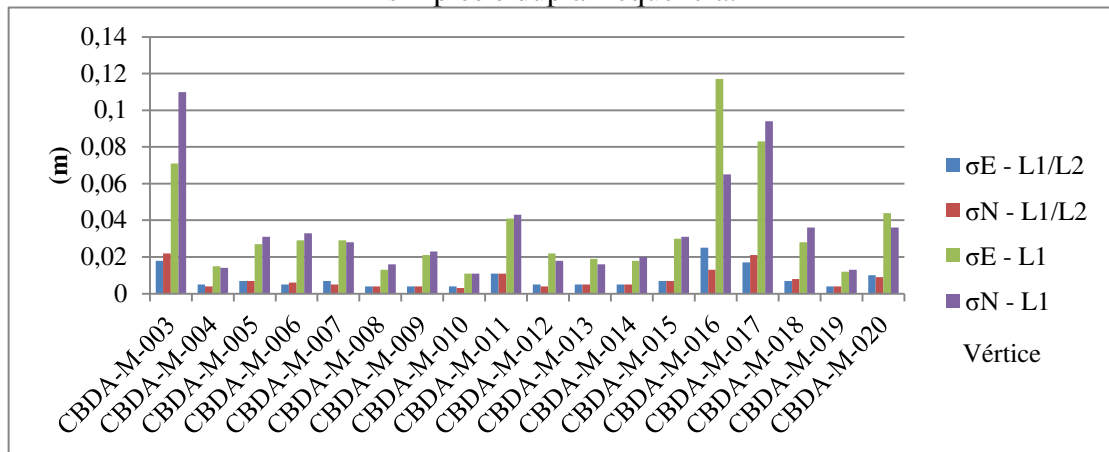
TABELA 22 - Coordenadas dos vértices de limite com 5 minutos de rastreamento considerando simples frequência.

5 MINUTOS – FREQUÊNCIA L1						
VÉRTICES LIMÍTROFES	E (m)	N (m)	h (m)	$\sigma E(m)$	$\sigma N(m)$	$\sigma h (m)$
CBDA-M-003	230.009,380	7.929.681,902	881,522	0,441	0,541	0,097
CBDA-M-004	230.099,208	7.929.632,772	882,944	0,141	0,103	0,031
CBDA_M_005	230.203,832	7.929.580,727	883,143	0,207	0,202	0,053
CBDA-M-006	230.269,015	7.929.560,518	883,183	0,203	0,197	0,057
CBDA-M-007	230.346,377	7.929.541,658	883,504	0,185	0,160	0,043
CBDA-M-008	230.357,172	7.929.491,657	882,451	0,132	0,110	0,029
CBDA-M-009	230.369,852	7.929.439,404	881,556	0,263	0,280	0,081
CBDA_M_010	230.392,443	7.929.380,510	881,582	0,152	0,125	0,066
CBDA-M-011	230.469,445	7.929.406,477	884,201	0,324	0,336	0,093
CBDA-M-012	230.518,069	7.929.421,305	885,726	0,194	0,154	0,046
CBDA-M-013	230.585,235	7.929.198,842	883,216	0,186	0,161	0,042
CBDA-M-014	230.281,945	7.929.093,463	873,970	0,170	0,153	0,039
CBDA-M-015	230.258,003	7.929.151,018	873,810	0,178	0,171	0,053
CBDA-M-016	230.210,305	7.929.273,333	873,742	0,347	0,178	0,129
CBDA-M-017	230.194,298	7.929.300,777	872,787	0,217	0,257	0,055
CBDA-M-018	230.156,025	7.929.263,661	870,900	0,173	0,175	0,044
CBDA-M-019	230.092,058	7.929.445,560	876,909	0,134	0,103	0,029
CBDA-M-020	230.025,283	7.929.633,115	881,225	0,299	0,247	0,078

Fonte: A autora (2015).

Dando continuidade as técnicas de processamento utilizadas neste trabalho, a figura 26 aponta a diferença entre os desvios padrão encontrados utilizando frequência L1 e L1/L2 com dez minutos de ocupação. Coordenadas com observáveis L1/L2 apresentaram melhor precisão e as coordenadas dos vértices CBDA_M_003, CBDA_M_016 e CBDA_M_017 novamente apresentaram desvio padrão maior em relação aos demais vértices, pois estes estão localizados em locais de grande obstrução de sinal.

FIGURA 26 – Desvio padrão dos vértices de limite com 10 min de rastreo considerando simples e dupla frequência.



Fonte: A autora (2015).

As coordenadas e os desvios padrão utilizando dupla frequência podem ser encontrados na tabela 23. Os valores obtidos são da ordem de milímetros, exceto para os vértices CBDA_M_003, CBDA_M_011, CBDA_M_016, CBDA_M_017 e CBDA_M_020 os quais são da ordem de centímetros. Todos os vértices apresentaram precisão melhor que 0,5 metros, ou seja, estão dentro dos padrões exigidos pelo INCRA.

TABELA 23 - Coordenadas dos vértices de limite com 10 minutos de rastreo considerando dupla frequência.

10 MINUTOS – FREQUÊNCIA L1/L2						
VÉRTICES LIMÍTROFES	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
CBDA-M-003	230.009,354	7.929.681,907	881,534	0,018	0,022	0,040
CBDA-M-004	230.099,193	7.929.632,771	882,986	0,005	0,004	0,010
CBDA_M_005	230.203,771	7.929.580,716	883,146	0,007	0,007	0,016
CBDA-M-006	230.268,990	7.929.560,517	883,203	0,005	0,006	0,015
CBDA-M-007	230.346,340	7.929.541,654	883,529	0,007	0,005	0,013
CBDA-M-008	230.357,155	7.929.491,661	882,467	0,004	0,004	0,009
CBDA-M-009	230.369,480	7.929.439,089	881,906	0,004	0,004	0,009
CBDA_M_010	230.392,380	7.929.380,500	881,563	0,004	0,003	0,008
CBDA-M-011	230.469,423	7.929.406,472	884,246	0,011	0,011	0,027
CBDA-M-012	230.518,054	7.929.421,302	885,740	0,005	0,004	0,011
CBDA-M-013	230.585,191	7.929.198,835	883,239	0,005	0,005	0,010
CBDA-M-014	230.281,916	7.929.093,455	873,977	0,005	0,005	0,010
CBDA-M-015	230.257,964	7.929.151,004	873,809	0,007	0,007	0,020
CBDA-M-016	230.209,946	7.929.273,403	874,002	0,025	0,013	0,058
CBDA-M-017	230.193,749	7.929.300,520	873,565	0,017	0,021	0,037
CBDA-M-018	230.156,004	7.929.263,662	870,935	0,007	0,008	0,019
CBDA-M-019	230.092,022	7.929.445,556	876,921	0,004	0,004	0,010
CBDA-M-020	230.025,262	7.929.633,106	881,270	0,010	0,009	0,023

Fonte: A autora (2015).

Já a tabela 24, traz as coordenadas e os desvios padrão referente à frequência L1 com dez minutos de rastreo. Os valores são da ordem de centímetros e menores que 0,5 metros,

atendendo as exigências especificadas na 3ª edição da NTGIR. Os vértices CBDA_M_003, CBDA_M_016 e CBDA_M_017 mais uma vez apresentaram pior precisão em relação aos demais devido à ocorrência de multicaminho.

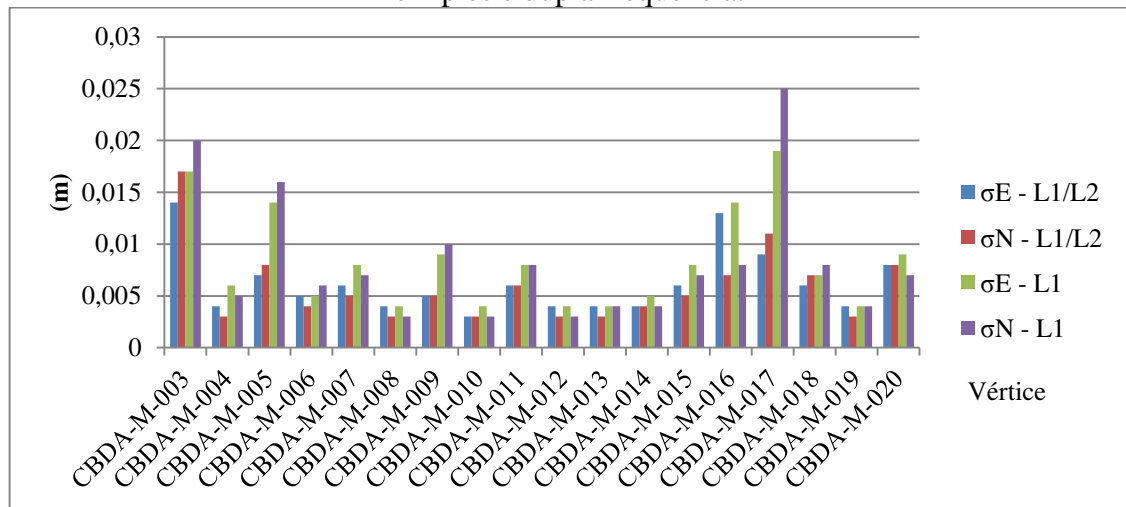
TABELA 24 - Coordenadas dos vértices de limite com 10 minutos de rastreo considerando simples frequência.

10 MINUTOS – FREQUÊNCIA L1						
VÉRTICES LIMÍTROFES	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
CBDA-M-003	230.009,248	7.929.681,901	881,362	0,071	0,110	0,104
CBDA-M-004	230.099,194	7.929.632,772	882,952	0,015	0,014	0,014
CBDA_M_005	230.203,773	7.929.580,699	883,131	0,027	0,031	0,029
CBDA-M-006	230.268,989	7.929.560,501	883,184	0,029	0,033	0,037
CBDA-M-007	230.346,340	7.929.541,652	883,517	0,029	0,028	0,025
CBDA-M-008	230.357,152	7.929.491,648	882,462	0,013	0,016	0,014
CBDA-M-009	230.369,480	7.929.439,084	881,867	0,021	0,023	0,024
CBDA_M_010	230.392,385	7.929.380,495	881,536	0,011	0,011	0,012
CBDA-M-011	230.469,418	7.929.406,468	884,238	0,041	0,043	0,040
CBDA-M-012	230.518,053	7.929.421,295	885,731	0,022	0,018	0,021
CBDA-M-013	230.585,187	7.929.198,823	883,241	0,019	0,016	0,017
CBDA-M-014	230.281,918	7.929.093,442	873,989	0,018	0,020	0,019
CBDA-M-015	230.257,966	7.929.150,995	873,798	0,030	0,031	0,036
CBDA-M-016	230.209,516	7.929.273,349	873,743	0,117	0,065	0,118
CBDA-M-017	230.193,542	7.929.300,554	873,723	0,083	0,094	0,089
CBDA-M-018	230.156,009	7.929.263,645	870,916	0,028	0,036	0,032
CBDA-M-019	230.092,023	7.929.445,544	876,915	0,012	0,013	0,013
CBDA-M-020	230.025,260	7.929.633,106	881,227	0,044	0,036	0,041

Fonte: A autora (2015).

A figura 27 mostra os desvios padrão obtidos utilizando simples e dupla frequência com vinte minutos de ocupação. As coordenadas obtidas com dados de dupla frequência apresentaram melhor resultado e os vértices CBDA_M_003, CBDA_M_016 e CBDA_M_017 novamente apresentaram precisão pior se comparados aos demais. Em alguns casos as coordenadas com observável L1 apresenta precisão bem próxima das coordenadas com observáveis L1/L2.

FIGURA 27 – Desvio padrão dos vértices de limite com 20 min de rastreo considerando simples e dupla frequência.



Fonte: A autora (2015).

A tabela 25 relata as coordenadas e os desvios padrão referentes à dupla frequência com vinte minutos de rastreo. Os valores são da ordem de milímetros exceto para as coordenadas altimétricas e para as coordenadas planimétricas dos vértices CBDA_M_003, CBDA_M_016 e CBDA_M_017 onde a ordem é de centímetros. Todas as coordenadas apresentaram precisão melhor que 50 centímetros podendo ser utilizadas para fins de georreferenciamento de imóveis rurais.

TABELA 25 - Coordenadas dos vértices de limite com 20 minutos de rastreo considerando dupla frequência.

20 MINUTOS – FREQUÊNCIA L1/L2						
VÉRTICES LIMÍTROFES	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
CBDA-M-003	230.009,353	7.929.681,912	881,533	0,014	0,017	0,045
CBDA-M-004	230.099,196	7.929.632,775	882,970	0,004	0,003	0,012
CBDA_M_005	230.203,769	7.929.580,717	883,152	0,007	0,008	0,028
CBDA-M-006	230.268,990	7.929.560,518	883,194	0,005	0,004	0,020
CBDA-M-007	230.346,340	7.929.541,652	883,526	0,006	0,005	0,016
CBDA-M-008	230.357,155	7.929.491,661	882,472	0,004	0,003	0,011
CBDA-M-009	230.369,475	7.929.439,093	881,894	0,005	0,005	0,017
CBDA_M_010	230.392,381	7.929.380,500	881,557	0,003	0,003	0,010
CBDA-M-011	230.469,416	7.929.406,479	884,227	0,006	0,006	0,023
CBDA-M-012	230.518,054	7.929.421,304	885,740	0,004	0,003	0,011
CBDA-M-013	230.585,189	7.929.198,834	883,234	0,004	0,003	0,011
CBDA-M-014	230.281,917	7.929.093,458	873,985	0,004	0,004	0,013
CBDA-M-015	230.257,962	7.929.151,004	873,807	0,006	0,005	0,023
CBDA-M-016	230.209,946	7.929.273,399	873,881	0,013	0,007	0,047
CBDA-M-017	230.193,745	7.929.300,516	873,566	0,009	0,011	0,033
CBDA-M-018	230.156,003	7.929.263,659	870,944	0,006	0,007	0,027
CBDA-M-019	230.092,024	7.929.445,556	876,922	0,004	0,003	0,012
CBDA-M-020	230.025,263	7.929.633,105	881,291	0,008	0,008	0,028

Fonte: A autora (2015).

A tabela 26 apresenta as coordenadas e os desvios padrão obtidos com frequência L1 com vinte minutos de coleta. Os valores são da ordem de milímetros e em alguns casos da ordem de centímetros, mas todas as coordenadas obtiveram precisões menor que 0,5 metros, podendo então ser utilizadas no georreferenciamento de imóveis rurais. É importante notar que conforme o tempo de coleta aumenta, as precisões tendem a melhorar e os resultados obtidos com observável L1 se aproximam dos resultados obtidos com observáveis L1/L2. A componente altimétrica apresenta pior desvio padrão quando comparada às coordenadas planimétricas, pois a altitude é mais difícil de ser definida devido à geometria dos satélites que não é favorável na determinação desta componente.

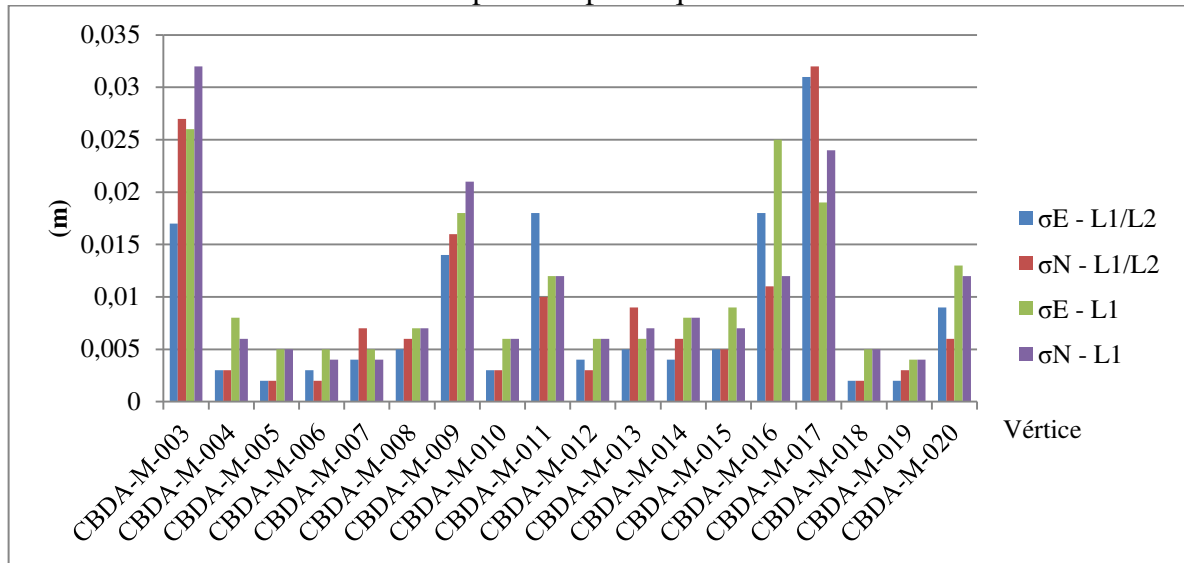
TABELA 26 - Coordenadas dos vértices de limite com 20 minutos de rastreo considerando simples frequência.

20 MINUTOS – FREQUÊNCIA L1						
VÉRTICES LIMÍTROFES	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
CBDA-M-003	230.009,352	7.929.681,910	881,533	0,017	0,020	0,015
CBDA-M-004	230.099,194	7.929.632,770	882,948	0,006	0,005	0,006
CBDA_M_005	230.203,770	7.929.580,714	883,144	0,014	0,016	0,018
CBDA-M-006	230.268,989	7.929.560,516	883,186	0,005	0,006	0,008
CBDA-M-007	230.346,34	7.929.541,653	883,521	0,008	0,007	0,008
CBDA-M-008	230.357,150	7.929.491,656	882,464	0,004	0,003	0,005
CBDA-M-009	230.369,475	7.929.439,097	881,867	0,009	0,010	0,013
CBDA_M_010	230.392,382	7.929.380,502	881,540	0,004	0,003	0,005
CBDA-M-011	230.469,413	7.929.406,480	884,224	0,008	0,008	0,009
CBDA-M-012	230.518,054	7.929.421,303	885,741	0,004	0,003	0,005
CBDA-M-013	230.585,190	7.929.198,835	883,238	0,004	0,004	0,005
CBDA-M-014	230.281,918	7.929.093,459	873,982	0,005	0,004	0,006
CBDA-M-015	230.257,963	7.929.151,001	873,796	0,008	0,007	0,010
CBDA-M-016	230.209,945	7.929.273,398	873,880	0,014	0,008	0,015
CBDA-M-017	230.193,291	7.929.300,560	874,040	0,019	0,025	0,017
CBDA-M-018	230.156,003	7.929.263,657	870,913	0,007	0,008	0,009
CBDA-M-019	230.092,025	7.929.445,552	876,916	0,004	0,004	0,005
CBDA-M-020	230.025,259	7.929.633,110	881,229	0,009	0,007	0,010

Fonte: A autora (2015).

Prosseguindo com as técnicas de processamento utilizadas neste trabalho, a figura 28 aponta a diferença entre os desvios padrão encontrados utilizando frequência L1 e L1/L2 com trinta minutos de ocupação. Nota-se que na maioria dos vértices a precisão obtida com dados L1/L2 apresentaram melhor resultado, exceto em alguns pontos como o vértice CBDA_M_017 onde a precisão com simples frequência foi melhor. É importante destacar que este vértice sofreu grande obstrução de sinal.

FIGURA 28 – Desvio padrão dos vértices de limite com 30 min de rastreo considerando simples e dupla frequência.



Fonte: A autora (2015).

A tabela 27 mostra as coordenadas juntamente com os desvios padrão alcançados com trinta minutos de coleta de dados considerando dupla frequência. Os valores obtidos são da ordem de milímetros e de centímetros nos vértices localizados próximos a vegetação densa, porém, em todos os casos a precisão foi melhor que 0,5 m, permitindo o uso destas coordenadas para fins de georreferenciamento de imóveis rurais.

TABELA 27 - Coordenadas dos vértices de limite com 30 minutos de rastreo considerando dupla frequência.

30 MINUTOS – FREQUÊNCIA L1/L2						
VÉRTICES LIMÍTROFES	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
CBDA-M-003	230.009,364	7.929.681,879	881,605	0,017	0,027	0,071
CBDA-M-004	230.099,202	7.929.632,741	883,009	0,003	0,003	0,007
CBDA_M_005	230.203,784	7.929.580,696	883,197	0,002	0,002	0,006
CBDA-M-006	230.268,998	7.929.560,490	883,214	0,003	0,002	0,011
CBDA-M-007	230.346,350	7.929.541,621	883,584	0,004	0,007	0,014
CBDA-M-008	230.357,162	7.929.491,631	882,536	0,005	0,006	0,032
CBDA-M-009	230.369,493	7.929.439,083	881,903	0,014	0,016	0,058
CBDA_M_010	230.392,394	7.929.380,476	881,598	0,003	0,003	0,010
CBDA-M-011	230.469,420	7.929.406,440	884,206	0,018	0,010	0,037
CBDA-M-012	230.518,060	7.929.421,275	885,773	0,004	0,003	0,014
CBDA-M-013	230.585,199	7.929.198,800	883,310	0,005	0,009	0,020
CBDA-M-014	230.281,926	7.929.093,429	874,051	0,004	0,006	0,019
CBDA-M-015	230.257,979	7.929.150,970	873,909	0,005	0,005	0,019
CBDA-M-016	230.209,756	7.929.273,209	874,745	0,018	0,011	0,170
CBDA-M-017	230.193,782	7.929.300,522	873,547	0,031	0,032	0,115
CBDA-M-018	230.156,020	7.929.263,625	870,984	0,002	0,002	0,008
CBDA-M-019	230.092,037	7.929.445,524	876,969	0,002	0,003	0,009
CBDA-M-020	230.025,263	7.929.633,089	881,279	0,009	0,006	0,031

Fonte: A autora (2015).

Já a tabela 28 apresenta as coordenadas dos vértices limítrofes e os desvios padrão encontrados com trinta minutos de rastreo e simples frequência. Mais uma vez os valores são da ordem de milímetros e centímetros. Todos os vértices resultaram em precisões menores que 50 centímetros respeitando as exigências descritas na 3ª NTGIR.

TABELA 28 - Coordenadas dos vértices de limite com 30 minutos de rastreo considerando simples frequência.

30 MINUTOS – FREQUÊNCIA L1						
VÉRTICES LIMÍTROFES	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
CBDA-M-003	230.009,351	7.929.681,917	881,536	0,026	0,032	0,064
CBDA-M-004	230.099,194	7.929.632,775	882,964	0,008	0,006	0,017
CBDA_M_005	230.203,772	7.929.580,722	883,146	0,005	0,005	0,014
CBDA-M-006	230.268,990	7.929.560,522	883,194	0,005	0,004	0,015
CBDA-M-007	230.346,340	7.929.541,655	883,526	0,005	0,004	0,012
CBDA-M-008	230.357,154	7.929.491,663	882,474	0,007	0,007	0,022
CBDA-M-009	230.369,479	7.929.439,107	881,863	0,018	0,021	0,063
CBDA_M_010	230.392,381	7.929.380,504	881,551	0,006	0,006	0,017
CBDA-M-011	230.469,419	7.929.406,480	884,221	0,012	0,012	0,035
CBDA-M-012	230.518,053	7.929.421,306	885,738	0,006	0,006	0,018
CBDA-M-013	230.585,187	7.929.198,840	883,234	0,006	0,007	0,016
CBDA-M-014	230.281,913	7.929.093,456	873,989	0,008	0,008	0,026
CBDA-M-015	230.257,964	7.929.151,005	873,801	0,009	0,007	0,027
CBDA-M-016	230.209,936	7.929.273,395	873,860	0,025	0,012	0,056
CBDA-M-017	230.193,745	7.929.300,526	873,573	0,019	0,024	0,053
CBDA-M-018	230.156,006	7.929.263,658	870,924	0,005	0,005	0,015
CBDA-M-019	230.092,025	7.929.445,558	876,918	0,004	0,004	0,011
CBDA-M-020	230.025,244	7.929.633,115	881,203	0,013	0,012	0,037

Fonte: A autora (2015).

Com as análises realizadas acima, é possível notar que receptores de simples frequência são capazes de proporcionar um posicionamento com precisão aceitável pelo INCRA. Ao analisar os resultados encontrados com dez minutos de ocupação e frequência L1, nota-se que as precisões estão próximas a 0,5 m, valor máximo permitido pela NTGIR. Conforme o tempo de coleta aumenta, as precisões melhoram, tanto para os processamentos com simples frequência, quanto para o processamento com dupla frequência. De todas as sessões de observação, somente a coordenada N obtida com simples frequência com tempo de coleta de cinco minutos não é aceitável pela Norma Técnica, todos os demais vértices nas diferentes estratégias de processamento de dados atendem as prescrições estabelecidas pelo INCRA.

4.3. Mapa

Atualmente, no processo de georreferenciamento de imóveis rurais, o mapa da propriedade é gerado através do SIGEF. O profissional preenche planilhas com informações como nome, tipo do vértice, tipo de limite, coordenadas, precisões, entre outras. Esta seção busca apresentar como esses dados são inseridos no sistema.

Primeiramente, o profissional habilitado deve dispor do *token*. Os *tokens* são dispositivos físicos que auxiliam o usuário quanto à segurança pessoal ao gerar uma senha temporária de proteção para as contas que ele utiliza. Com o *token* em mãos, o responsável acessa o sistema e anexa as planilhas preenchidas conforme mostra as figuras a seguir. A figura 29 é referente à identificação do serviço, do detentor e da área.

FIGURA 29 – Planilha de Informações cadastrais/SIGEF.

1	Identificação do Serviço de Georreferenciamento	
2	Natureza do serviço:	Particular
3		
4	Identificação do Detentor	
5	Tipo pessoa:	Jurídica
6	Razão Social:	Nome da Pessoa
7	CNPJ:	. . / -
8		
9	Identificação da Área	
10	Denominação:	Nome da Área
11	Situação:	Imóvel Registrado
12	Natureza da área:	Particular
13	Código do Imóvel(SNCR/INCRA):	12345678901-23
14	Código do cartório (CNS):	00.000-0
15	Matrícula:	1234
16	Município(s):	Adicionar Município
17	Abadia dos Dourados-MG	Abadia dos Dourados-MG

identificacao / perimetro_1 / perimetro_2 / sobre

Fonte: Adaptado de Manual do SIGEF (2014).

A tabela exposta na figura 30 corresponde a tabela onde deve conter as informações do perímetro. Possui os dados geoespaciais da área georreferenciada e algumas informações do levantamento. O primeiro campo disponível da aba de perímetro é o de Denominação. Trata-se de um rótulo a se atribuir a cada parcela componente da área georreferenciada. A aba “Parcela Número” é utilizada para casos em que seja necessário preencher mais de uma aba

de perímetro: áreas com múltiplas parcelas e/ou com áreas encravadas. A aba "Lado" indica se o perímetro descrito na aba de perímetro se refere ao lado interno ou externo da parcela. O grupo de dados de vértices é onde se inserem as coordenadas e atributos de levantamento dos pontos que definem as áreas georreferenciadas, podendo ser coordenadas UTM ou geográficas que deve ser especificado na aba "Tipo de Coordenada".

FIGURA 30 – Tabela de informações do perímetro/SIGEF.

Tabela de Perímetro														
Denominação:		Parte 1												
Parcela número:		001												
Lado:		Externo												
Sistema de referência:		SIRGAS2000												
Tipo de Coordenada:		Geográfica			Meridiano Central (°):			-63			Hemisfério:			Norte
Vértice	E/Long	Sigma long	N/Lat	Sigma lat	h	Sigma h	Método Posicionamento	Tipo Limite	Confrontante					
									CNS	Matricula	Descritivo			
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														

Fonte: Adaptado de Manual do SIGEF (2014).

Após enviar as planilhas ao sistema, este faz a conferência de sobreposição e caso não haja sobreposição o imóvel é certificado e é gerado um mapa do perímetro da propriedade contendo todas as informações necessárias. Como não foi possível dispor de tal ferramenta, foi elaborado um mapa, onde constam todas as informações necessárias para interpretação e entendimento do perímetro da propriedade a fim de simular o mapa que o próprio Sistema de Gestão Fundiária fornece. O mesmo pode ser encontrado no apêndice B e seu memorial descritivo no apêndice C.

5. CUSTOS DO PROJETO

Neste capítulo é apontada uma simulação dos possíveis custos do projeto, levando em consideração uma situação real onde envolvem gastos com equipe técnica, mobilização e desmobilização, alimentação, equipamentos e materiais, entre outros. As diversas estratégias de processamento aplicadas neste trabalho também foram levadas em consideração com o intuito de apresentar o menor custo e melhor metodologia para a realização deste tipo de serviço. A tabela exibida no apêndice D apresenta um orçamento detalhado levando em consideração todos os dias de levantamento, o tempo de coleta de dados de 30 minutos nos vértices limítrofes e receptores de dupla frequência.

Levando em consideração as informações expostas no apêndice D, observa-se que o projeto, obteve um valor líquido de R\$ 2.652,00 (dois mil, seiscentos e cinquenta e dois reais). A tabela disponível no apêndice E traz um orçamento levando em consideração receptores de simples frequência com tempos de coleta de dados nos vértices limítrofes de 10 minutos, já que esta técnica de processamento de dados apresentou precisão menor que 0,5 m, valor exigido pelo INCRA. Este orçamento foi realizado com o objetivo de mostrar o menor custo que o serviço teria.

Constatando que a 3ª edição da norma técnica não especifica a precisão que deve ser atingida nos vértices de apoio, mas levando em consideração a última exigência feita através da 2ª edição, utilizou-se para realização deste orçamento os vértices de apoio BASE 1 e BASE 2 obtidos através do PPP com coleta de dados de 6 horas e receptores de dupla frequência, já que a norma exige 10 cm de precisão e tempo de coleta de dados de 4 horas para vértices de apoio.

Para os vértices limítrofes considerou-se necessário receptor de simples frequência com coleta de dados de 10 minutos, tempo suficiente para fornecerem os 0,5 m de precisão exigidos pela NTGIR. Levando em consideração que os vértices de apoio foram rastreados durante 6 horas com receptor de dupla frequência e ao mesmo tempo os vértices limítrofes foram rastreados com receptor de simples frequência durante um tempo de coleta de dez minutos, no apêndice E segue uma tabela com o orçamento deste levantamento.

Comparando os dois orçamentos é possível notar que o segundo apresenta R\$ 629,19 (seiscentos e vinte e nove reais e dezenove centavos) a menos que o primeiro e neste caso seriam necessários somente um dia e meio de deslocamento a campo, onde os custos foram reduzidos.

6. CONSIDERAÇÕES, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o desempenho da combinação de dados GPS e GLONASS e de cada sistema separadamente, além das observáveis L1 e L1/L2, no georreferenciamento de imóveis rurais, que tem utilizado dados GNSS para a determinação dos limites das propriedades.

O trabalho foi realizado em área teste que simula uma propriedade rural e permite levantamento com reais situações encontradas pelos profissionais. Foram implantados dois vértices de apoio no interior da propriedade, os quais, posteriormente, serviram de referência para o processamento dos vértices limítrofes.

No processamento de dados envolvendo os vértices de apoio foram utilizadas técnicas de processamento considerando o posicionamento relativo estático e o PPP. Ambos foram processados e comparados entre si utilizando o método combinado (GPS/GLONASS) e somente observações GPS. As duas técnicas forneceram resultados aceitáveis pela 2ª NTGIR, visto que nenhum desvio padrão ultrapassou 0,10 m. A terceira edição da norma não apresenta nenhuma especificação quanto à precisão que deve ser alcançada nos vértices de apoio, essa exigência só é feita na 2ª edição, o que comprova uma falha na norma vigente.

Outra falha na 3ª edição da Norma Técnica diz respeito à probabilidade das precisões das coordenadas. A edição atual, não especifica qual deve ser a probabilidade utilizada no processamento dos dados, esta informação só é disponibilizada na antiga norma, onde diz que o processamento deve ser realizado utilizando 1σ de probabilidade, porém, atualmente o PPP é aceito para processamento dos vértices de apoio e o IBGE-PPP realiza este processamento considerando 2σ de probabilidade.

Observando os resultados obtidos por meio de dados compostos somente com observações GPS e dados compostos com observações GPS/GLONASS, nota-se que os resultados sobrevindos das observações com dados GPS podem proporcionar coordenadas com precisões aceitáveis pela 3ª NTGIR.

Ainda levando em consideração os vértices de apoio, estes foram processados no IBGE-PPP considerando sessões de 10 min, 30 min, 1 hora, 2 horas, 3 horas e 6 horas. Para o PPP na sessão de 10 min, o modo L1 e L1/L2 não foram suficientes para obter os 0,10 m de precisão, nas ocupações com 30 min, 1 hora, 2 horas e 3 horas, simples frequência também não foi suficiente, já dados com L1/L2 forneceram desvio padrão menor que 0,10 m. Na ocupação de 6 horas, a frequência L1 não atingiu a precisão nas coordenadas E e h do vértice de apoio BASE 1, já no vértice de apoio BASE 2, a precisão não foi atingida somente na

componente altimétrica (h). Vale destacar ainda que o PPP de 6 horas com dupla frequência forneceu melhores resultados do que o relativo estático pelo método combinado utilizando todas as sessões de observação. Diante do contexto apresentado, fica claro que o tempo de coleta de dados é algo importante para obtenção de precisões milimétricas com o uso de receptores GNSS. Quanto maior o tempo de coleta, melhor é a precisão encontrada. Conclui-se ainda que o PPP neste trabalho apresentou grande potencialidade ao ser empregado na realização do georreferenciamento de imóveis rurais.

A segunda estratégia de processamento envolveu os vértices do limite do imóvel, onde foram processados utilizando os dois vértices de apoio e cada um separadamente. Os resultados obtidos em relação aos dois vértices proporcionaram precisões melhores, pois ao efetuar o ajustamento em relação a um vértice separadamente, os erros são propagados para os pontos do limite, proporcionando precisões inferiores. Apesar disso, todos os métodos forneceram precisão menor que 0,5 m como exigido na 3ª NTGIR.

Na sequência, processaram-se os vértices limítrofes da propriedade em relação aos dois vértices de apoio, onde foram utilizados tempos de ocupação de 5 min, 10 min, 20 min e 30 min, considerando simples e dupla frequência. Nesta etapa de processamento, somente o vértice CBDA_M_003 com simples frequência e tempo de coleta de cinco minutos não atingiram a precisão que deve ser melhor ou igual a 0,5 m.

A partir deste estudo conclui-se que o uso de dados GPS e GLONASS atendem as necessidades do georreferenciamento de imóveis rurais no Brasil, na obtenção de coordenadas dos vértices base. Avaliou-se a potencialidade do PPP-IBGE para transporte de vértices de apoio básico. Por fim, verificou-se que a utilização de dados de simples e dupla frequência no posicionamento relativo atende a exigência da precisão, e oferecem resultados aceitáveis pelo INCRA.

No entanto, recomenda-se uma revisão na Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, visto que esta não dispõe de informações como, por exemplo, a probabilidade que deve ser utilizada na obtenção das precisões das coordenadas e também não especifica qual a precisão que deve ser atingida para vértices de apoio, essas informações somente são descritas na antiga norma a qual não se encontra mais em vigor.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M.A.; FONSECA JR, E.S. 2005. **Comparação de ferramentas on-line para processamento de dados GPS.** In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, IV, Curitiba/PR.
- AZEVEDO, J. M. J. **Do Registro de Imóveis.** São Paulo: Saraiva, 1976.
- CARNEIRO, A. F. T. **Cadastro Imobiliário e Registro de Imóveis.** Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris Editor, 2003.
- CARVALHO, A. **Registro de Imóveis.** Rio de Janeiro: Forense, 1976.
- CENEVIVA, W. **Lei dos Registros Públicos Comentada.** 16ª ed. São Paulo: Saraiva, 2005. p. 388.
- DINIZ, M. H. **Sistemas de Registro de Imóveis.** 7ª ed. São Paulo: Saraiva, 2007.
- HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; WASLE, E. **GNSS – Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo and more.** New York, 2001. 382 p.
- HOFMANN-WELLENHOF B.; MORITS, H. **Physical Geodesy.** 2005.
- ICD. **Global Navigatio Satellite System GLONASS. Interface control document.** Moscow, 2002.
- IBGE. **Término do período de transição para adoção no Brasil do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (sirgas), em sua realização de 2000,4 (sirgas2000).** 2014.
- IBGE. **Proposta preliminar para a adoção de um referencial geocêntrico no Brasil.** Rio de Janeiro, 2000.
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual Técnico de Limites e Confrontações.** Brasília, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual Técnico de Posicionamento**. Brasília, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais: 1ª edição**. Brasília, 2003. 42 p.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais: 2ª edição**. Brasília, 2010. 86 p.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais: 3ª edição**. Brasília, 2013. 4 p.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Instrução Normativa N° 77**. Agosto, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Portaria N° 486**. Setembro, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual do Usuário Aplicativo Online IBGE-PPP**. Dezembro, 2013.

ISHIKAWA, M. I. **Georreferenciamento em Imóveis Rurais: Métodos de Levantamento da Aplicação da Lei 10.267/2011**. Botucatu/SP, 2007.

LOPES, M. M. S. **Tratado dos Registros Públicos**. 6ª ed. Brasília: Livraria e Editora Brasília Jurídica, 1996. p. 18.

LOUREIRO FILHO, L. S. **Notas e Registros Públicos**. São Paulo: Saraiva, 2004.

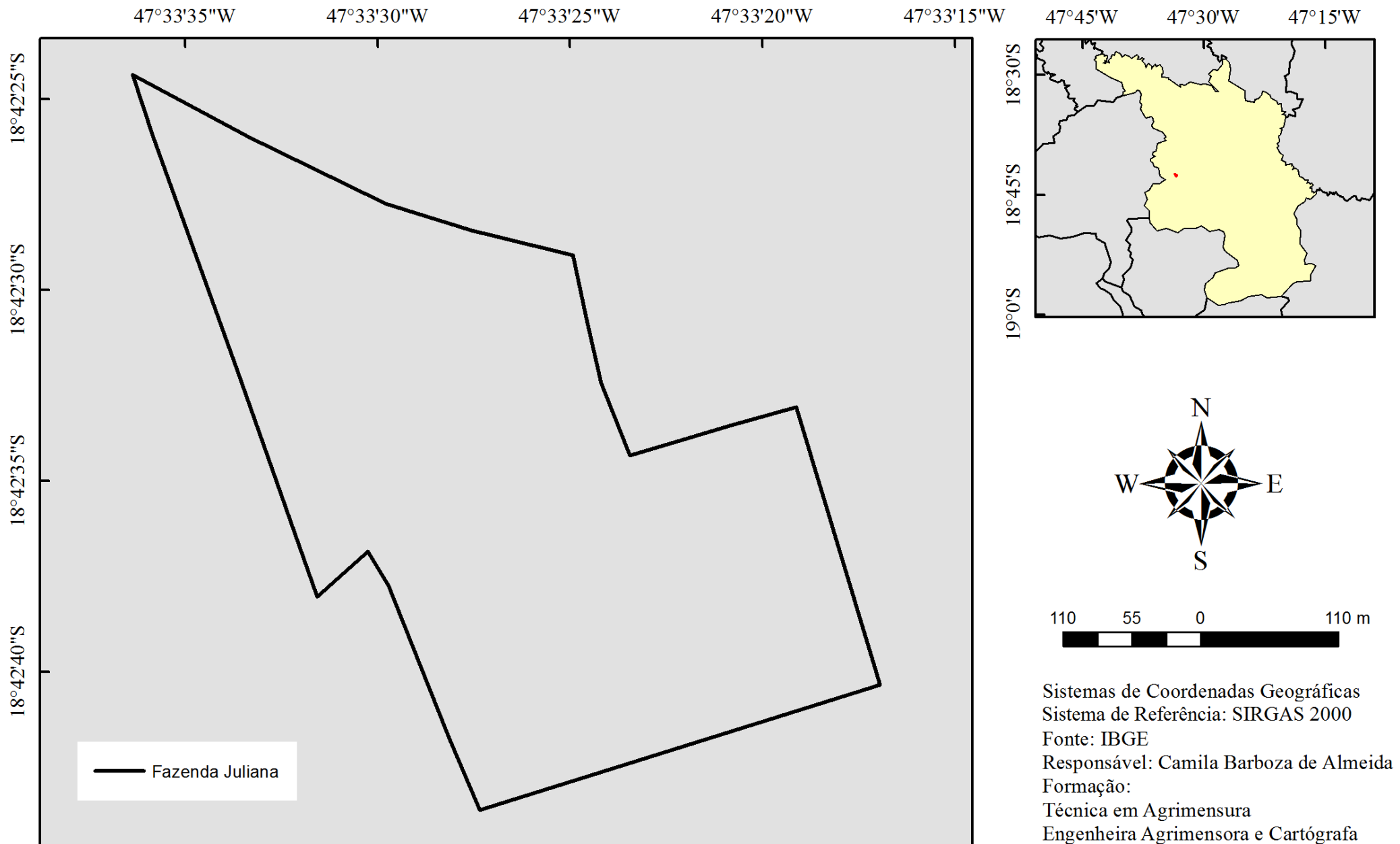
MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Unesp. 2008.

PAIVA, J. P. L. **Direito Registral Imobiliário, O Georreferenciamento**. In: 20º Encontro regional dos oficiais de registro de imóveis, 2005, Londrina. Disponível em: http://www.irib.org.br/notas_noti/boletimel1761.asp. Acesso em: 24 ago. 2008.

SEEBER, G. *Satellite Geodesy: foundations, methods, and applications*. 2nd.ed., Berlin, New-York: Walter de Gruyter, 2003.

SILVA, P. C. **Cadastro e tributação**. Brasília: Fundação Petrônio Portella, 1982.

APÊNDICE A - Mapa de Localização da Área Teste



APÊNDICE B - MAPA DO IMÓVEL GEORREFERENCIADO

MAPA DO IMÓVEL GEORREFERENCIADO

Folha ÚNICA

Imóvel: Fazenda Juliana
 Proprietário: Edmilson Félix de Almeida
 Município: Monte Carmelo
 Código INCRA/SNCR: 1249637584168

Estado: Minas Gerais
 Matrícula: 14.587

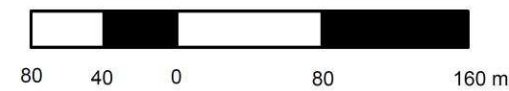
Resp. Técnico: Camila Barboza de Almeida
 FORMAÇÃO:
 Técnica em Agrimensura
 Engenheira Agrimensora e Cartógrafa

Data: 30/09/2015
 Escala: 1:4.000

QUADRO DE ÁREAS

Área: 15,2429 Ha
 Perímetro: 1.942,16 m

SISTEMA GEODÉSICO: SIRGAS 2000
 SISTEMA DE COORDENADAS UTM
 Meridiano Central: 45W



Proprietário

Edmilson Félix de Almeida

Responsável Técnico

Camila Barboza de Almeida
 CREA: MG250492C
 Código do credenciamento no INCRA: CBDA
 ART: 2520150000002136749 - MG

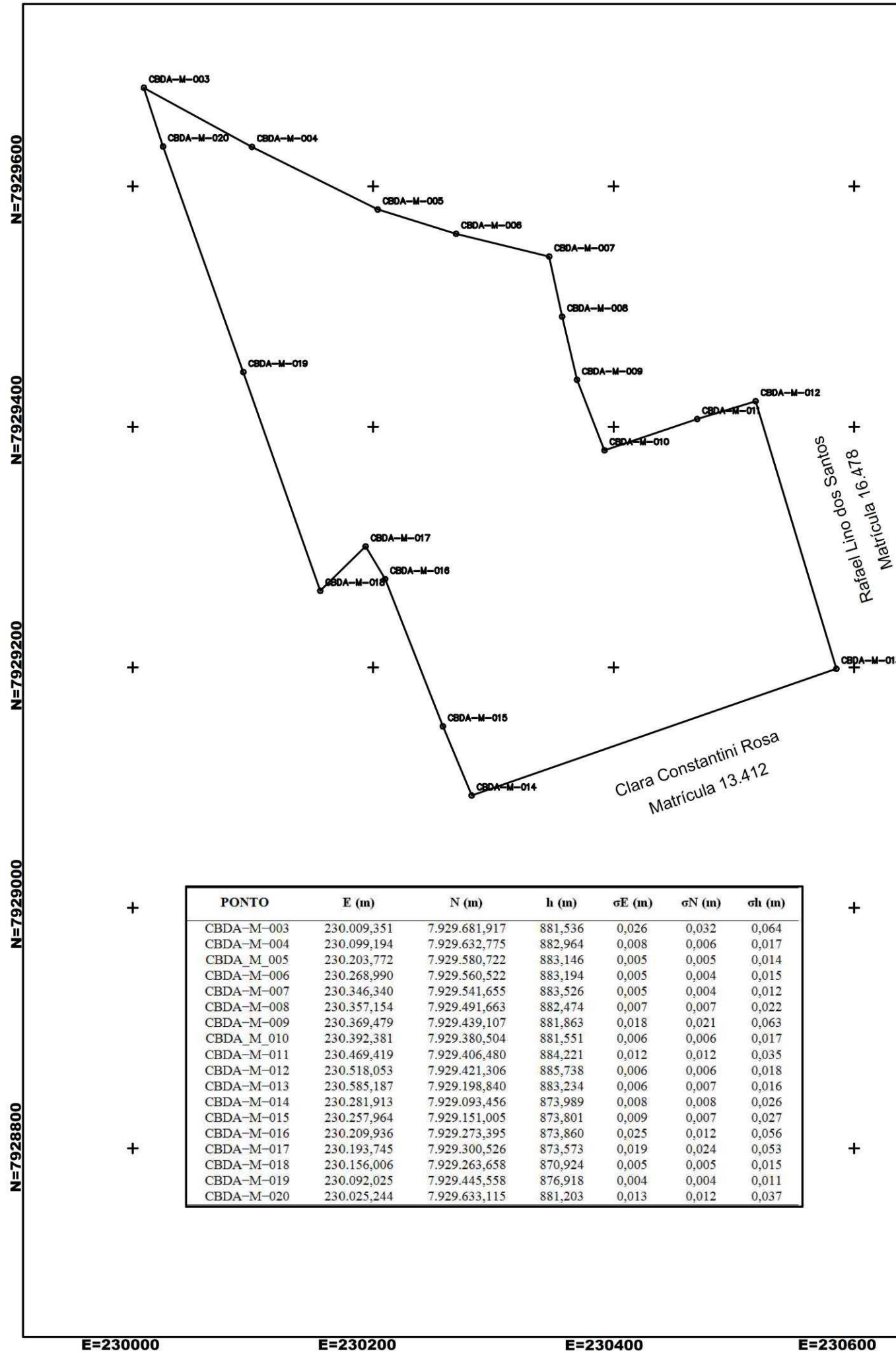
LEGENDA

- Vértice Tipo M
- Perímetro

CONFRONTANTES

Rafael Lino dos Santos

Clara Constantini Rosa



PONTO	E (m)	N (m)	h (m)	σE (m)	σN (m)	σh (m)
CBDA-M-003	230.009,351	7.929.681,917	881,536	0,026	0,032	0,064
CBDA-M-004	230.099,194	7.929.632,775	882,964	0,008	0,006	0,017
CBDA-M-005	230.203,772	7.929.580,722	883,146	0,005	0,005	0,014
CBDA-M-006	230.268,990	7.929.560,522	883,194	0,005	0,004	0,015
CBDA-M-007	230.346,340	7.929.541,655	883,526	0,005	0,004	0,012
CBDA-M-008	230.357,154	7.929.491,663	882,474	0,007	0,007	0,022
CBDA-M-009	230.369,479	7.929.439,107	881,863	0,018	0,021	0,063
CBDA-M-010	230.392,381	7.929.380,504	881,551	0,006	0,006	0,017
CBDA-M-011	230.469,419	7.929.406,480	884,221	0,012	0,012	0,035
CBDA-M-012	230.518,053	7.929.421,306	885,738	0,006	0,006	0,018
CBDA-M-013	230.585,187	7.929.198,840	883,234	0,006	0,007	0,016
CBDA-M-014	230.281,913	7.929.093,456	873,989	0,008	0,008	0,026
CBDA-M-015	230.257,964	7.929.151,005	873,801	0,009	0,007	0,027
CBDA-M-016	230.209,936	7.929.273,395	873,860	0,025	0,012	0,056
CBDA-M-017	230.193,745	7.929.300,526	873,573	0,019	0,024	0,053
CBDA-M-018	230.156,006	7.929.263,658	870,924	0,005	0,005	0,015
CBDA-M-019	230.092,025	7.929.445,558	876,918	0,004	0,004	0,011
CBDA-M-020	230.025,244	7.929.633,115	881,203	0,013	0,012	0,037

APÊNDICE C – Memorial Descritivo

Propriedade: Fazenda Juliana
 Proprietário: Edmilson Félix de Almeida
 Município: Monte Carmelo/MG
 Data: 30/09/2015

Área: 15,2429 ha
 Perímetro: 1.942,16 m

Descrição Perimétrica

Inicia-se no ponto **CBDA-M-003** definido pelas coordenadas N: **7.929.681,879** m e E: **230.009,364** m, deste segue até o ponto **CBDA-M-004** definido pelas coordenadas N: **7.929.632,741** m e E: **230.099,202** m, com azimute de **118°40'38"** e distância de **102,40** m deste segue até o ponto **CBDA-M-005** definido pelas coordenadas N: **7.929.580,696** m e E: **230.203,784** m, com azimute de **116°27'45"** e distância de **116,82** m deste segue até o ponto **CBDA-M-006** definido pelas coordenadas N: **7.929.560,490** m e E: **230.268,998** m, com azimute de **107°12'33"** e distância de **68,28** m deste segue até o ponto **CBDA-M-007** definido pelas coordenadas N: **7.929.541,621** m e E: **230.346,350** m, com azimute de **103°42'18"** e distância de **79,62** m deste segue até o ponto **CBDA-M-008** definido pelas coordenadas N: **7.929.491,631** m e E: **230.357,162** m, com azimute de **167°47'58"** e distância de **51,15** m deste segue até o ponto **CBDA-M-009** definido pelas coordenadas N: **7.929.439,083** m e E: **230.369,493** m, com azimute de **166°47'49"** e distância de **53,98** m deste segue até o ponto **CBDA-M-010** definido pelas coordenadas N: **7.929.380,476** m e E: **230.392,394** m, com azimute de **158°39'11"** e distância de **62,92** m deste segue até o ponto **CBDA-M-011** definido pelas coordenadas N: **7.929.406,440** m e E: **230.469,420** m, com azimute de **71°21'59"** e distância de **81,30** m deste segue até o ponto **CBDA-M-012** definido pelas coordenadas N: **7.929.421,275** m e E: **230.518,060** m, com azimute de **73°02'48"** e distância de **50,84** m deste segue até o ponto **CBDA-M-013** definido pelas coordenadas N: **7.929.198,800** m e E: **230.585,199** m, com azimute de **163°12'26"** e distância de **232,37** m deste segue até o ponto **CBDA-M-014** definido pelas coordenadas N: **7.929.093,429** m e E: **230.281,926** m, com azimute de **250°50'18"** e distância de **321,06** m deste segue até o ponto **CBDA-M-015** definido pelas coordenadas N: **7.929.150,970** m e E: **230.257,979** m, com azimute de **337°24'17"** e distância de **62,33** m deste segue até o ponto **CBDA-M-016** definido pelas coordenadas N: **7.929.273,209** m e E: **230.209,756** m, com azimute de **338°34'33"** e distância de **131,48** m deste segue até o ponto **CBDA-M-017** definido pelas coordenadas N: **7.929.300,522** m e E: **230.193,782** m, com azimute de **329°09'56"** e distância de **31,60** m deste segue até o ponto **CBDA-M-018** definido pelas coordenadas N: **7.929.263,625** m e E: **230.156,020** m, com azimute de **225°39'43"** e distância de **52,76** m deste segue até o ponto **CBDA-M-019** definido pelas coordenadas N: **7.929.445,524** m e E: **230.092,037** m, com azimute de **340°37'19"** e distância de **192,83** m deste segue até o ponto **CBDA-M-020** definido pelas coordenadas N: **7.929.633,089** m e E: **230.025,263** m, com azimute de **340°24'08"** e distância de **199,09** m deste segue até o ponto **CBDA-M-003** definido pelas coordenadas N: **7.929.681,879** m e E: **230.009,364** m, com azimute de

341°57'22" e distância de **51,32** m. O perímetro acima descrito encerra uma área de **15,2429** ha.

Monte Carmelo, 30 de setembro de 2015

Responsável Técnica: Camila Barboza de Almeida

CREA: MG250492C

Código Credenciamento: CBDA

ART nº 2520150000002136749 - MG

APÊNDICE D – Custo Real do Projeto.

CUSTOS DO PROJETO					
EQUIPE TÉCNICA					
	Profissional	Quantidade	Valor (Dia)	N° de Dias	Valor Total
	Engenheira Agrimensora e Cartógrafa	1	R\$ 250,00	2,5	R\$ 625,00
	Auxiliar	2	R\$ 65,00	2,5	R\$ 325,00
	Projetista	1	R\$ 150,00	2	R\$ 300,00
DESLOCAMENTO					
	Objeto	Quantidade	Valor (Dia)	N° de Dias	Valor Total
	Combustível	-	-	-	R\$ 40,00
	Veículo	1	R\$ 200,00	2,5	R\$ 500,00
ALIMENTAÇÃO					
	Objeto	Quantidade	Valor (Dia)	N° de Dias	Valor Total
	Refeições	3	R\$ 10,00	2	R\$ 60,00
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS					
	Objeto	Quantidade	Valor (Dia)	N° de Dias	Valor Total
	Hiper V	1 par	R\$ 250,00	2,5	R\$ 625,00
	Promark 500	1	R\$ 100,00	2,5	R\$ 250,00
	Kits EPI's	3	R\$ 10,00	2,5	R\$ 75,00
	Notebook	1	R\$ 500,00	2	R\$ 1000,00
	Pregos	100g	R\$ 2,00	-	R\$ 2,00
	Marcos	20	R\$ 200,00	-	R\$ 200,00
OUTROS					
	Objeto	Quantidade	Valor (Dia)	N° de Dias	Valor Total
	(ART's, Material de Escritório e Periféricos)	1	R\$ 200	-	R\$ 200
	Impressão e Plotagem	-	R\$ 10,00	-	R\$ 10,00
CUSTO GERAL					R\$ 3.962,00
DBI (20%)					R\$ 792,40
SUBTOTAL					R\$ 3.169,60
IMPOSTO SOBRE SERVIÇO (16,33%)					R\$ 517,59
VALOR TOTAL					R\$ 2.652,00

APÊNDICE E – Custo simulado do projeto.

CUSTOS DO PROJETO					
EQUIPE TÉCNICA					
	Profissional	Quantidade	Valor (Dia)	N° de Dias	Valor Total
	Engenheira Agrimensora e Cartógrafa	1	R\$ 250,00	1,5	R\$ 375,00
	Auxiliar	2	R\$ 65,00	1,5	R\$ 195,00
	Projetista	1	R\$ 150,00	2	R\$ 300,00
DESLOCAMENTO					
	Objeto	Quantidade	Valor (Dia)	N° de Dias	Valor Total
	Combustível	-	-	-	R\$ 15,00
	Veículo	1	R\$ 200,00	1,5	R\$ 300,00
ALIMENTAÇÃO					
	Objeto	Quantidade	Valor (Dia)	N° de Dias	Valor Total
	Refeições	3	R\$ 10,00	1	R\$ 30,00
EQUIPAMENTOS E MATERIAIS					
	Objeto	Quantidade	Valor (Dia)	N° de Dias	Valor Total
	Hiper V	1 par	R\$ 250,00	1	R\$ 250,00
	Receptor L1	1	R\$ 100,00	1	R\$ 100,00
	Kits EPI's	3	R\$ 10,00	1,5	R\$ 45,00
	Notebook	1	R\$ 500,00	2	R\$ 1000,00
	Pregos	100g	R\$ 2,00	-	R\$ 2,00
	Marcos	20	R\$ 200,00	-	R\$ 200,00
OUTROS					
	Objeto	Quantidade	Valor (Dia)	N° de Dias	Valor Total
	(ART's, Material de Escritório e Periféricos)	1	R\$ 200	-	R\$ 200
	Impressão e Plotagem	-	R\$ 10,00	-	R\$ 10,00
CUSTO GERAL					R\$ 3.022,00
DBI (20%)					R\$ 604,40
SUBTOTAL					R\$ 2.417,60
IMPOSTO SOBRE SERVIÇO (16,33%)					R\$ 394,79
VALOR TOTAL					R\$ 2.022,81



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
MGUB - Uberlândia

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC
 Data: 09/01/2008
 Atualização: 19/10/2009 - Atualização de Firmware

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: UBERLÂNDIA/UFU
 Ident. da Estação: MGUB
 Inscrição no Monumento: SAT 93930
 Código Internacional: [93930](#)
 Informações Adicionais: -

2. Informação sobre a localização

Cidade: Uberlândia
 Estado: Minas Gerais
 Informações Adicionais: Pilar de concreto engastado numa viga medindo 1,20 m de altura por 0,30 m de diâmetro, com dispositivo de centragem forçada padrão IBGE e chapa de metal estampada: SAT 93930. Na UFU (Universidade Federal de Uberlândia), Campus Santa Mônica - Bloco Y - Bairro Santa Mônica - Uberlândia - MG.

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	- 18° 55' 8,9880"	Sigma:	0,001 m
Longitude:	- 48° 15' 21,7777"	Sigma:	0,001 m
Alt. Elip.:	869,241 m	Sigma:	0,004 m
Coordenadas Cartesianas			
X:	4.019.130,616 m	Sigma:	0,003 m
Y:	-4.504.012,551 m	Sigma:	0,003 m
Z:	-2.055.168,806 m	Sigma:	0,001 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	7.905.871,703 m		
UTM (E):	789.027,534 m		
MC:	-51		

4. Informações do equipamento GNSS

4.1. Receptor

4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR5
 Número de Série - 4651K03583
 Versão do Firmware - 3.84 (Principal)
 Atualização do Firmware - 19/10/2009 às 00:00 UTC

4.1.2 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR5
 Número de Série - 4651K03583
 Versão do Firmware - 3.50 (Principal)
 Data de Instalação - 21/05/2007 às 00:00 UTC

4.2. Antena

4.2.1 Tipo de Antena	- ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (TRM55971.00)
URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM55971.00%2BNONE.gif
Número de Série	- 30278538
Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
Data de Instalação	- 21/05/2007 às 00:00 UTC

5. Informações Complementares

5.1. Para informações técnicas contatar:

Nome: IBGE/DGC/Coordenação de Geodésia
Endereço: Av. Brasil, 15.671, CEP 21.241-051, Rio de Janeiro, RJ
Telefone: (21) 2142-4935
FAX: (21) 2142-4859
Home Page: www.ibge.gov.br
Contato: rbmc@ibge.gov.br

5.2. Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome: Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE
Endereço: Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ
Telefone: 0800-721-8181
Contato: ibge@ibge.gov.br

5.3. Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/parcerias.shtml>

ANEXO B – Descritivo Estação MGRP



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS

Relatório de Informação de Estação

MGRP - Rio Paranaíba

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC

Data: 05/03/2010

Atualização: 09/02/2015 - Atualização de Firmware

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: RIO PARANAÍBA

Ident. da Estação: MGRP

Inscrição no Monumento: Não há inscrição

Código Internacional: [96111](#)

Informações Adicionais: -

2. Informação sobre a localização

Cidade: Rio Paranaíba

Estado: Minas Gerais

Informações Adicionais: Pilar de concreto cilíndrico, medindo 0,80 m de altura e 0,30 m de diâmetro. Possui no topo, um pino de centragem forçada, padrão IBGE e uma chapa de metal instalada na entrada do prédio, estampada: SAT 96111. No prolongamento da coluna do Prédio do Campus Universitário de Rio Paranaíba, Rodovia BR-354, no Km 310.

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	- 19° 12' 35,4982"	Sigma:	0,001 m
Longitude:	- 46° 07' 57,1866"	Sigma:	0,001 m
Alt. Elip.:	1.123,485 m	Sigma:	0,006 m
Coordenadas Cartesianas			
X:	4.176.141,962 m	Sigma:	0,004 m
Y:	-4.344.591,175 m	Sigma:	0,004 m
Z:	-2.085.669,779 m	Sigma:	0,002 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	7.875.564,472 m		
UTM (E):	380.943,156 m		
MC:	-45		

4. Informações do equipamento GNSS

4.1. Receptor

4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR8
 Número de Série - 4923K35521
 Versão do Firmware - 4.87 (Principal)
 Atualização do Firmware - 09/02/2015 às 20:15 UTC

4.1.2 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR8
 Número de Série - 4923K35521
 Versão do Firmware - 4.85 (Principal)
 Atualização do Firmware - 03/07/2014 às 14:30 UTC

4.1.3 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR8
 Número de Série - 4923K35521
 Versão do Firmware - 4.70 (Principal)
 Data de Instalação - 01/04/2014 às 19:42 UTC

4.1.4	Tipo do Receptor	- TRIMBLE NETRS
	Número de Série	- 4644124505
	Versão do Firmware	- 1.2-0 (Principal)
	Data de Instalação	- 14/12/2009 às 00:00 UTC
	Data de Remoção	- 01/04/2014 às 12:05 UTC

4.2. Antena

4.2.1	Tipo de Antena	- GNSS CHOKE RING (TRM59800.00)
	URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM59800.00%2BNONE.gif
	Número de Série	- 4948353623
	Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena.)
	Data de Instalação	- 21/10/2014 às 12:55 UTC
4.2.2	Tipo de Antena	- DORNE MARGOLIN T (TRM29659.00)
	URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM29659.00%2BNONE.gif
	Número de Série	- 0220071001
	Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
	Data de Instalação	- 16/07/2014 às 18:40 UTC
	Data de Remoção	- 21/10/2014 às 12:50 UTC
4.2.3	Tipo de Antena	- GNSS CHOKE RING (TRM59800.00)
	URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM59800.00%2BNONE.gif
	Número de Série	- 4938353437
	Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
	Data de Instalação	- 01/04/2014 às 19:42 UTC
	Data de Remoção	- 16/07/2014 às 18:15 UTC
4.2.4	Tipo de Antena	- ZEPHYR GEODETIC (TRM41249.00)
	URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM41249.00%2BNONE.gif
	Número de Série	- 60179302
	Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
	Data de Instalação	- 14/12/2009 às 00:00 UTC
	Data de Remoção	- 01/04/2014 às 12:05 UTC

5. Informações Complementares

5.1. Para informações técnicas contatar:

Nome: IBGE/DGC/Coordenação de Geodésia
 Endereço: Av. Brasil, 15.671, CEP 21.241-051, Rio de Janeiro, RJ
 Telefone: (21) 2142-4935
 FAX: (21) 2142-4859
 Home Page: www.ibge.gov.br
 Contato: rbmc@ibge.gov.br

5.2. Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome: Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE
 Endereço: Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ
 Telefone: 0800-721-8181
 Contato: ibge@ibge.gov.br

5.3. Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
MGRP - Rio Paranaíba

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/parcerias.shtm>
