

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTO GEORREFERENCIADO PARA
CERTIFICAÇÃO NO INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA
AGRÁRIA - INCRA**

CRISTIANO BRUM PINHO

Porto Alegre - 2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTO GEORREFERENCIADO PARA
CERTIFICAÇÃO NO INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA
AGRÁRIA - INCRA**

CRISTIANO BRUM PINHO

ORIENTADORES

Prof. Msc. Gilberto Gagg

Prof. Dr. Marcelo Tomio Matsuoka

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Sergio Florêncio de Souza

Prof. Dr. Ronaldo dos Santos da Rocha

Eng.º. Agrônomo, Especialista em Georreferenciamento e Prof. Fernando Lague

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Cartográfica apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Cartográfico, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Cartógrafo.

Porto Alegre - 2010

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe,
minha maior incentivadora e fonte
de referências em minha vida.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que me apoiaram e incentivaram em mais essa etapa da minha vida, aos meus amigos, colegas, professores e especialmente a minha amada namorada Lucilene pela paciência e compreensão.

EPÍGRAFE

A mente que se abre a uma nova
idéia jamais voltará ao seu
tamanho original.
Oliver Wendell Holmes

RESUMO

A regularização fundiária no Brasil e no mundo é de vital importância para o desenvolvimento da sociedade e do próprio indivíduo, o qual utiliza a terra, muitas vezes, para o seu sustento. Determinar a quem pertence cada fração de terra, rural ou urbana, depende de várias etapas, principalmente do levantamento do imóvel e análise da documentação. Os métodos de levantamento evoluíram significativamente nas últimas décadas, de um simples teodolito, passando por estações totais com leitura sem prismas e robóticas, até o uso de satélites artificiais para determinar as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis. Com a introdução de novas tecnologias também surgiram novas regulamentações, exigindo o aperfeiçoamento técnico dos profissionais envolvidos na regularização fundiária e a introdução de novos profissionais no mercado de trabalho. Para regulamentar o levantamento de imóveis rurais surgiu a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, primeira edição em novembro de 2003 e na segunda edição, publicada em março de 2010, que trata dos procedimentos técnicos que devem ser seguidos para garantir a precisão mínima dos vértices de cada imóvel levantado. O presente trabalho abordará os procedimentos envolvidos na 2ª edição da referida norma, a metodologia de levantamento com uso de GPS geodésico, análise da documentação do imóvel, etapas da certificação do trabalho no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, custos, prazos e estabelecerá um comparativo entre a norma anterior e a atual.

palavras-chave: Regularização fundiária. Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais. GPS geodésico. Levantamento georreferenciado. INCRA.

ABSTRACT

The land regularization in Brazil and the world is of vital importance for the development of society and the individual himself, who used the land, many times, for their livelihoods. Determine who owns each fraction of land, rural or urban areas, depends on several steps, particularly the lifting of the property and review of documentation. The survey methods have evolved significantly in recent decades, a simple theodolite, total stations with through reading without prisms and robotics, to the use of artificial satellites to determine the coordinates of the vertices defining the boundaries of the property. With the introduction of new technology also come new regulations, requiring the technical development of professionals involved in land regularization and the introduction of new professionals in the labor market. To regulate the collection of rural buildings appeared to Standard Technique for Georeferencing of Rural Properties, first edition in December 2003 and second edition in March 2010, which addresses the technical procedures to be followed to ensure the accuracy of minimum vertices of each property raised. This paper will discuss the procedures of this standard, the survey methodology with the use of GPS geodetic analysis of the documentation of the property, steps of the labor certification with the National Institute of Colonization and Agrarian Reform - INCRA, costs, deadlines and establish a comparative current and the previous standard.

Keywords: Land Regularization. Technical Standard for Georeferencing of Rural Properties. Geodetic GPS. Georeferenced survey. INCRA.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivo.....	13
1.2 Justificativa.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 Cartografia.....	15
2.1.1 Sistema de coordenadas UTM.....	15
2.1.2 Fator de escala.....	18
2.1.3 Norte verdadeiro.....	19
2.1.4 Norte magnético.....	19
2.1.5 Norte de quadrícula.....	20
2.1.6 Declinação magnética.....	20
2.1.7 Convergência meridiana plana.....	21
2.1.7.1 Cálculo da convergência meridiana em função das coordenadas geodésicas.....	23
2.1.7.2 Cálculo da convergência meridiana em função das coordenadas UTM.....	24
2.2 Ajustamento de observações.....	25
2.2.1 Ajustamento de rede GPS.....	28
2.3 Geodésia.....	31
2.3.1 Superfícies de referência.....	31
2.3.1.1 Superfície Topográfica.....	32
2.3.1.2 Superfície Elipsoidal.....	32
2.3.1.3 Superfície Geoidal.....	32
2.3.2 Sistemas de Coordenadas.....	33
2.3.2.1 Sistema de Coordenadas Geográficas.....	33
2.3.2.2 Sistema de Coordenadas Geodésicas.....	34
2.3.2.3 Sistema de Coordenadas Plano Retangular.....	36
2.3.2.4 Sistema de Coordenadas Polar Plano.....	37
2.3.2.5 Sistema de Coordenadas Cartesianas Espaciais.....	37
2.3.3 Sistema Geodésico de Referência.....	39
2.3.3.1 World Geodetic System 1984 (WGS84).....	41
2.3.3.2 SIRGAS 2000.....	42
2.3.3.3 Compatibilidade entre SIRGAS 2000 e WGS84.....	43
2.3.3.4 Parâmetros de transformação entre sistemas de referência.....	44
2.3.4 Geometria do elipsóide.....	45
2.4 GPS (Global Positioning System).....	47
2.4.1 Segmentos do sistema GPS.....	48
2.4.1.1 Segmento espacial.....	48
2.4.1.2 Segmento de controle.....	50
2.4.1.3 Segmento de usuários.....	51
2.4.2 Observáveis GPS.....	52
2.4.2.1 Pseudodistância.....	52
2.4.3 Erros envolvidos nas observáveis GPS.....	55
2.4.3.1 Principais erros relacionados com os satélites.....	56
2.4.3.1.1 Erros orbitais.....	56
2.4.3.1.2 Erros no relógio do satélite.....	56

2.4.3.1.3 Relatividade.....	57
2.4.3.2 Principais erros relacionados com a propagação do sinal	57
2.4.3.2.1 Refração troposférica.....	57
2.4.3.2.2 Refração ionosférica.....	58
2.4.4 Erros locais	58
2.4.4.1 Multicaminhamento ou sinais refletidos (multipath)	58
2.4.4.2 Perdas de ciclo.....	59
2.4.5 Principais erros relacionados com o receptor e a antena	60
2.4.5.1 Erro do relógio.....	60
2.4.5.2 Centro de fase da antena.....	60
3 METODOLOGIA DO LEVANTAMENTO GEORREFERENCIADO	61
3.1 Caracterização da área de estudo.....	61
3.2 Análise da documentação do imóvel.....	61
3.3 Reconhecimento do imóvel.....	63
3.4 Determinação dos vértices.....	63
3.4.1 Codificação dos vértices	64
3.4.2 Materialização dos vértices.....	65
3.5 Verificação das faixas de domínio público.....	66
3.5.1 Faixa de domínio de estrada de rodagem	66
3.5.2 Terreno de Marinha.....	68
3.5.3 Curso d`água.....	71
3.5.4 Linha de Transmissão, oleoduto, gasoduto, cabos óticos e outros	74
3.6 Padrões de precisão	74
3.7 Levantamento pelo GNSS.....	75
3.7.1 Posicionamento relativo estático rápido	77
3.7.1.1 Posicionamento do vértice de apoio básico ao levantamento	78
3.7.1.2 Posicionamento dos vértices que definem o imóvel.....	79
3.7.1.3 Posicionamento por Ponto Preciso (PPP).....	80
3.8 Processamento e tratamento de dados	81
3.8.1 Memorial descritivo do imóvel	83
3.8.2 Planilha de cálculo de área e perímetro	85
3.8.3 Planilha de dados cartográficos	85
3.8.4 Relatório técnico.....	86
3.8.5 Planta do imóvel	92
3.9 Análise dos resultados	93
4 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO INCRA	95
4.1 Descrição da documentação exigida.....	96
4.2 Análise da documentação	100
4.3 Acompanhamento e monitoramento da certificação.....	100
4.4 Emissão do certificado de imóvel georreferenciado.....	101
4.5 Emissão do certificado de imóvel georreferenciado em ações judiciais.....	102
4.6 Divergência entre área constante na matrícula do imóvel e área medida.....	102
5 MATERIAIS UTILIZADOS	103
5.1 Em campo.....	103
5.2 No escritório.....	104
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
6.1 Comparação entre a 1ª e 2ª versões da NTGIR.....	105

6.2 Custos e honorários do levantamento georreferenciado.....	108
6.3 Resultados obtidos.....	109
6.4 A importância do Engenheiro Cartógrafo para o futuro do Brasil	111
REFERÊNCIAS	113
ANEXO A – Modelo de requerimento- Pessoa jurídica	118
ANEXO B – Declaração de reconhecimento de limite	119
ANEXO C – Modelo do documento de certificação	120
ANEXO D – Esclarecimentos do Comitê de Certificação Regional do INCRA.....	121
ANEXO E – Planta do imóvel.....	124

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução dos equipamentos de topografia e geodésia, com os novos conhecimentos adquiridos com o decorrer dos anos, novas situações estão surgindo, implicando em diferentes meios de resolução e resultados. Para regulamentar os procedimentos de levantamentos topográficos e geodésicos, e para atender as exigências do Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA, em especial o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, foi elaborada a Norma técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, primeira edição em novembro de 2003 e segunda edição em vigor desde oito de março de 2010. Esta norma visa padronizar os procedimentos efetuados nos levantamentos topográficos e geodésicos, gerando trabalhos de fácil entendimento entre os profissionais que executam e trabalham com este assunto.

O presente trabalho se destina à execução de um levantamento georreferenciado para certificação no INCRA. Serão abordados os conhecimentos necessários, tanto práticos como teóricos, para execução do levantamento georreferenciado, como também a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, Código Florestal Brasileiro, Constituição Federal e a lei de Registros Públicos, entre outros itens.

O trabalho será dividido na etapa de campo e escritório, abordando as dificuldades encontradas no campo para a execução do serviço técnico e os procedimentos adotados em escritório para o processamento dos dados até a apresentação final do trabalho, o qual consiste num mapa e diversos relatórios. Após a certificação do INCRA os documentos são encaminhados ao Registro de Imóveis da jurisdição do município, efetuando-se a averbação na matrícula da certificação do imóvel, finalizando todas as etapas envolvidas neste trabalho.

O georreferenciamento de imóveis rurais requer conhecimentos de Topografia, Geodésia, Cartografia e, dependendo da metodologia adotada, Ajustamento de Observações (teoria dos erros), entre outros, os quais são adquiridos no curso de Engenharia Cartográfica e neste trabalho serão aplicados. O georreferenciamento de imóveis rurais é um campo de trabalho promissor, podendo ser executado em toda a área rural do Brasil. A tendência é um aumento na demanda por profissionais habilitados nessa área. Atualmente, imóveis rurais com área igual ou superior a 500 hectares necessitam da certificação do INCRA para que ocorra a mudança do nome do proprietário na matrícula do imóvel, caso contrário, o registro de

imóveis impugnar a alteração, ou seja, a venda do imóvel só se concretizará com o levantamento georreferenciado. A partir de 20 de novembro de 2011 será exigido o georreferenciamento de todos os imóveis rurais.

Neste âmbito, tais procedimentos devem ser esclarecidos para que seu cumprimento seja pleno no trabalho de campo e de escritório, e assim obtenha a aprovação por parte do órgão certificador, neste caso, o INCRA. Os itens relacionados nas normas serão analisados e sugestões poderão fazer parte deste trabalho, com o intuito de melhorar a metodologia utilizada nos levantamentos georreferenciados, minimizando os erros cometidos em campo e aumentando a produtividade nos trabalhos efetuados.

1.1 Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo apresentar as diversas etapas que compõem um levantamento georreferenciado para certificação no INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, abordando os aspectos técnicos e burocráticos com os quais o profissional se depara em campo e no escritório. O georreferenciamento de imóveis rurais é regulamentado pela Lei 6.015/73 – Lei de Registros Públicos, Decreto 5.570 de 31 de outubro de 2005, Lei 10.267/2001, Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, NBR 13.133, Execução de Levantamentos Topográficos e Código Florestal Brasileiro entre outros títulos legais.

Serão abordados os problemas enfrentados em campo e no escritório, dividindo-se o trabalho em dois segmentos principais. As dificuldades em campo iniciam com a correta definição de alguns aspectos, entre eles: do local adequado para instalação do equipamento GPS, da metodologia usada na execução do levantamento, tipo de marco utilizado (se de concreto, aço ou rocha), as vias de acesso aos vértices que delimitam o imóvel, o meio de transporte, as áreas de preservação permanente, o número de dias necessários para execução dos serviços de campo, as instalações mínimas, o número de auxiliares e todos os equipamentos necessários, entre outros aspectos.

Em relação ao trabalho de escritório serão abordados os processamentos efetuados no levantamento geodésico, o transporte de coordenadas, a transformação de coordenadas entre o sistema geodésico e o plano topográfico local, a formatação do mapa, as

características relevantes, os itens necessários para certificação no INCRA, análise da documentação do proprietário do imóvel, requerimento para averbação no Registro de Imóveis e orçamento para o serviço de georreferenciamento de imóveis rurais.

A partir do estudo de todos os aspectos acima citados, pretende-se detalhar todo o processo de georreferenciamento de imóvel rural, explicitando suas dificuldades e demonstrando a sua importância para o futuro Engenheiro Cartógrafo.

1.2 Justificativa

Este trabalho é muito importante para os futuros Engenheiros Cartógrafos que tenham interesse em seguir na área de georreferenciamento de imóveis rurais, visto que esta técnica é adotada para a regularização fundiária brasileira e como atividade profissional de muitos engenheiros, entre outros profissionais. O georreferenciamento de imóveis rurais é uma área relativamente nova, a qual necessita um grande número de profissionais capacitados para atenderem a demanda atual e futura. A tendência é aumentar a procura, aumentando as oportunidades de trabalho e renda, já que é um serviço necessário a todo o meio rural brasileiro, não somente para regularização fundiária, mas como requisito para adequação ambiental e financiamentos bancários, entre outros programas que exigem o georreferenciamento para liberar verbas ao produtor rural.

O georreferenciamento de imóveis rurais é uma atividade ligada diretamente ao curso de Engenharia Cartográfica, visto que toda a base teórica e parte da prática são adquiridas ao longo desse curso. É mais uma área de atuação em que o futuro Engenheiro Cartógrafo poderá trabalhar, seja como empregado ou empregador.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente monografia será desenvolvida a partir de uma revisão bibliográfica, na qual serão revistos alguns dos conceitos apreendidos durante o curso de Engenharia Cartográfica e que são necessários para a execução do presente trabalho.

Além da revisão bibliográfica, o trabalho consiste na aquisição de dados em campo, através de um levantamento georreferenciado e posteriormente no processamento dos dados e elaboração dos relatórios exigidos pela Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

2.1. Cartografia

A Cartografia pode ser vista como uma das formas de transformar dados numéricos num mapa, a partir do qual se representam os elementos de maior importância através de linhas, cores, espessuras e textos entre outros atributos. Uma das famosas definições de Cartografia é a seguinte: “É a ciência e a arte de se representar graficamente, por meio de mapas, cartas e plantas, o conhecimento humano da superfície da Terra.” É ciência, pois recorre às determinações astronômicas, geodésicas, topográficas e fotogramétricas para alcançar exatidão gráfica. É arte, pois condiciona-se às regras estéticas da simplicidade, clareza e harmonia, buscando o ideal artístico de beleza. Desta forma, o cartógrafo deverá conhecer bem o modelo de representação da Terra, adoção do sistema de projeção adequado e escala de representação. O toque artístico é contemplado na representação dos elementos, através de linhas, traços, cores e símbolos.

A seguir, serão abordados aspectos relacionados à Cartografia, como o modelo de representação da Terra e suas principais características.

2.1.1 Sistema de coordenadas UTM (Universal Transverso de Mercator)

A projeção UTM é uma projeção analítica que tem como objetivo minimizar todas as deformações de um mapa a níveis toleráveis, representando pontos coletados sobre a superfície terrestre em um sistema ortogonal, ou seja, no qual os eixos são perpendiculares entre si em todas as direções. É uma projeção cilíndrica secante, conforme (conserva os ângulos), de acordo com os princípios de Mercator-Gauss, com uma rotação de 90° do eixo do cilindro, de maneira a ficar contido no plano do equador, sendo que apresenta distorção

mínima na área próxima à circunferência de tangência / secância. Adota-se um elipsóide de referência para representar a terra.

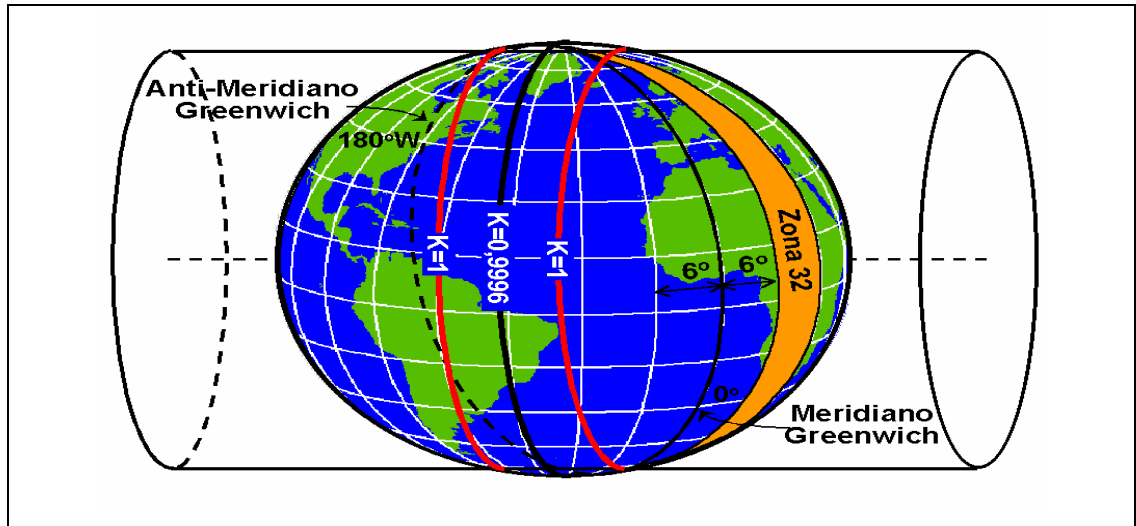


Fig. 1 – O Sistema Universal Transverso de Mercator (UTM).

O mundo é dividido em 60 fusos, onde cada um se estende por 6° de longitude. Os fusos são numerados de um a sessenta começando no fuso 180° a 174° W Gr. e continuando para este. Cada um destes fusos é gerado a partir de uma rotação do cilindro de forma que o meridiano de tangência divide o fuso em duas partes iguais de 3° de amplitude.

O quadriculado UTM está associado ao sistema de coordenadas plano-retangulares, tal que um eixo coincide com a projeção do Meridiano Central do fuso (eixo N apontando para Norte) e o outro eixo, com o do Equador. Assim cada ponto do elipsóide de referência (descrito por latitude, longitude) estará biunivocamente associado ao terno de valores Meridiano Central, coordenada E e coordenada N.

Avaliando-se a deformação de escala em um fuso UTM (tangente), pode-se verificar que o fator de escala é igual a 1(um) no meridiano central e aproximadamente igual a 1.0015 (1/666) nos extremos do fuso. Desta forma, atribuindo-se a um fator de escala $k = 0,9996$ ao meridiano central do sistema UTM (o que faz com que o cilindro tangente se torne secante), torna-se possível assegurar um padrão mais favorável de deformação em escala ao longo do fuso. O erro de escala fica limitado a 1/2.500 no meridiano central, e a 1/1.030 nos extremos do fuso.

A cada fuso associamos um sistema cartesiano métrico de referência, atribuindo à origem do sistema (interseção da linha do Equador com o meridiano central) as coordenadas 500.000 m, para contagem de coordenadas ao longo do Equador, e 10.000.000 m

para o hemisfério Sul e 0 (zero) m para o hemisfério Norte, para contagem de coordenadas ao longo do meridiano central. Isto elimina a possibilidade de ocorrência de valores negativos de coordenadas.

Cada fuso deve ser prolongado até 30' sobre os fusos adjacentes criando-se assim uma área de superposição de 1° de largura. Esta área de superposição serve para facilitar o trabalho de campo em certas atividades, tais como projetos de loteamento e o cálculo de área de imóveis localizados em mais de um fuso de abrangência.

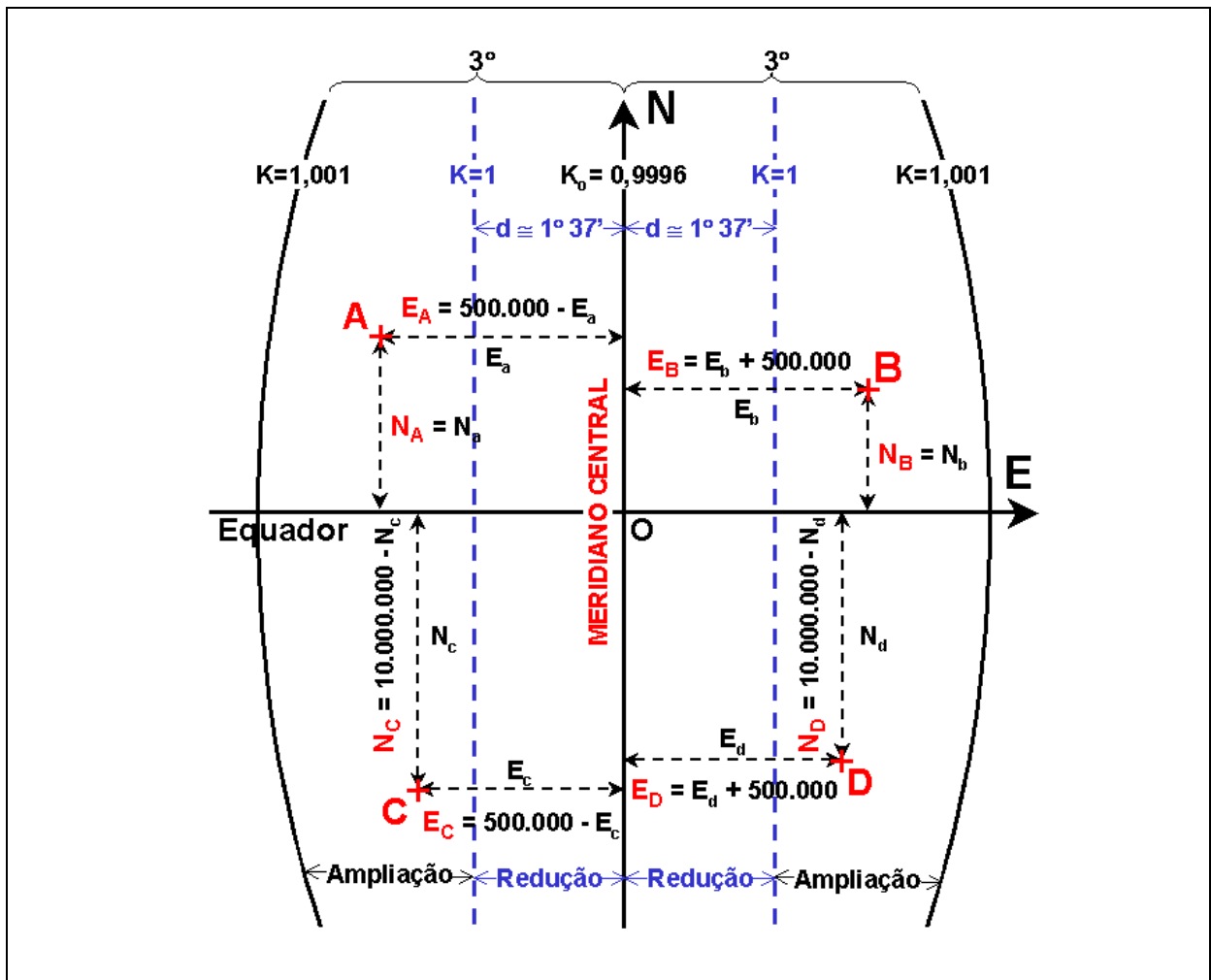


Fig. 2 – Características do Sistema UTM.

O sistema UTM é usado entre as latitudes 84° N e 80° S. Além desses paralelos a projeção adotada mundialmente é a Estereográfica Polar Universal.

Aplicações: Indicada para regiões de predominância na extensão Norte-Sul, entretanto, mesmo na representação de áreas de grande longitude poderá ser utilizada.

É a mais indicada para o mapeamento topográfico a grande escala, e é o Sistema de Projeção adotado para o Mapeamento Sistemático Brasileiro. A projeção UTM

permite abranger uma área extensa em um sistema ortogonal com significativo controle de distorções.

2.1.2 Fator de escala

Para se efetuar a redução da superfície de referência para a superfície plana, recorre-se a um fator de escala k . Neste caso, a distância plana é obtida multiplicando-se a respectiva distância esférica (sobre o elipsóide de referência) pelo fator de escala.

$$D_{UTM} = K \cdot D_{ELIPSÓIDE} \quad (1)$$

As deformações na projeção UTM crescem na medida em que se afasta do meridiano central, para leste e oeste até atingir o valor 1, aproximadamente a $1^{\circ}37'$ a partir do meridiano central, e continua a crescer até atingir 1,0010 nas bordas do fuso (3° do meridiano central). Nos meridianos secantes, a distorção é nula e esta linha meridiana é chamada de Linha de Distorção Zero (LDZ) até $30'$. Para áreas que excedem um fuso, adota-se o fuso predominante, alongando-o. Deve-se cuidar a deformação devido ao paralelismo, ou seja, o prolongamento das linhas de longitude de uma carta não coincidirá com as linhas da outra, ficando uma linha paralela a outra.

O valor do fator de escala varia em função da localização do ponto na superfície plana. O mesmo pode ser calculado simplificadamente pela seguinte expressão:

$$k = k_0 (1 + (E^2 / 2 R_0^2) + \dots) \quad (2)$$

Sendo:

k = fator de escala;

$k_0 = 0,9996$ (fator de escala no MC);

E^2 = ordenada entre o meridiano central e o ponto considerado ($E^2 = E - 500000$);

R_0 = raio médio de curvatura, dado por:

$$R_0 = b / (1 - e^2 \sin^2 \Phi) \quad (3)$$

Onde:

e = excentricidade do elipsóide;

Φ = latitude geodésica do ponto.

O fator de escala pode ser calculado também pela seguinte fórmula:

$$K = k_0 / (1 - B^2)^{1/2} \quad (4)$$

Onde:

$$B = \cos \Phi \cdot \text{sen} (\lambda - \lambda_0) \quad (5)$$

Sendo:

$k_0 = 0,9996$ (fator de escala no MC);

λ = longitude do meridiano do lugar;

λ_0 = meridiano central do fuso UTM.

2.1.3 Norte verdadeiro ou de Gauss

É definido pelo eixo de rotação da Terra (pólo norte geográfico), ou seja, é a direção tangente ao meridiano (geodésico) passante pelo ponto e apontado para o Pólo Norte Geográfico.

2.1.4 Norte magnético

É definido pelo pólo magnético, que não é coincidente com o pólo geográfico, sendo obtido por meio de bússolas, ou seja, é a direção tangente à linha de força do campo magnético passante pelo ponto e apontando para o Pólo Norte Magnético. É importante salientar que devido à significativa variação da ordem de minutos de arco anualmente deste pólo ao longo dos anos, é necessário corrigir o valor constante da carta/mapa para a data do levantamento.

2.1.5 Norte de quadrícula

É definido pelo norte da carta, ou seja, pela direção norte do quadriculado de coordenadas planas do mapa. É a direção paralela ao eixo Norte, o qual coincide com o Meridiano Central do fuso no Sistema de Projeção UTM no ponto considerado e apontado para o Norte (sentido positivo de N).

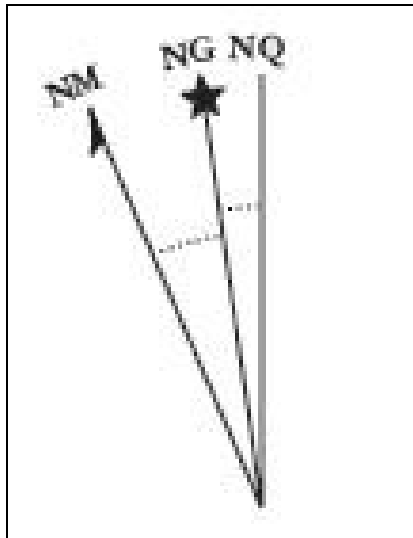


Fig.3 – Representação dos vetores dos três nortes.

2.1.6 Declinação magnética

É o ângulo formado entre a direção do Norte Verdadeiro e a direção do Norte Magnético, em um determinado local da superfície terrestre; ângulo este, contado para leste (E) ou para oeste (W), a partir da direção do Norte Verdadeiro.

A Declinação Magnética varia em função de cada local da superfície terrestre, já que o magnetismo terrestre varia de um local para o outro e com o tempo, não apresentando sempre o mesmo valor.

A não coincidência entre os pólos geográficos e magnéticos se deve à desigual distribuição do material magnético da Terra, havendo, portanto, um ângulo formado entre eles cujo valor é $11^{\circ}30'$. Na prática, segundo Ernesto (1983), isto significa que a agulha da bússola desvia do norte geográfico para leste ou oeste segundo um ângulo que dependerá do local

onde se encontra o observador. Então, de acordo com Leinz & Amaral (1985), a agulha é submetida a duas forças: a vertical, que determina a inclinação, e a horizontal que orienta a agulha rumo ao pólo magnético. Dá-se o nome de declinação magnética a esse desvio que a agulha magnética sofre em relação à linha NS “verdadeira”.

O Observatório Nacional do Rio de Janeiro publica em seu anuário um mapa do país com o traçado das isopóricas (lugar geométrico das regiões com a mesma variação anual da declinação magnética) e isogônicas (lugar geométrico das regiões com a mesma declinação magnética). Pode-se efetuar o cálculo matemático através de um programa específico ou com auxílio de cartas isogônicas e isopóricas. O observatório acima referido fornece um programa no qual o usuário fornece latitude, longitude e data do levantamento e o programa fornece a declinação magnética e variação anual para aquele ponto naquela data.

A Declinação Magnética é usada para a transformação dos rumos ou azimutes magnéticos em rumos ou azimutes geográficos.

2.1.7 Cálculo da convergência meridiana plana

Os planos cartográficos, por tentarem representar a superfície curva da terra como um plano sofrem a influência de uma deformação angular denominada Convergência Meridiana.

A Convergência Meridiana é o ângulo formado entre o norte de quadrícula e o norte verdadeiro. Tomando como base o sistema UTM, quanto mais próxima da região central de uma zona UTM, menor será o valor, chegando a zero no meridiano central da zona UTM. A convergência meridiana é a diferença angular entre as linhas do quadriculado, sistema de coordenadas plano-retangulares usando medidas de distância sobre uma projeção escolhida, e dos meridianos, que convergem para os pólos geográficos (Maling, 1980).

Percebe-se o efeito da convergência meridiana através do grid UTM que não coincide com os meridianos e paralelos, não estando paralelo às laterais do mapa. Dessa forma, o grid UTM não aponta exatamente para o norte, e a convergência meridiana indica o quanto as linhas verticais do grid estão deslocadas para leste ou oeste do norte verdadeiro.

A convergência meridiana plana num ponto é definida pelo ângulo entre o Norte Geográfico e o Norte do Grid ou da Quadrícula (NQ). É função de suas coordenadas e seu valor é nulo no meridiano central do fuso. Nas cartas do mapeamento sistemático

brasileiro, a convergência meridiana é representada no mesmo diagrama que a declinação magnética.

Pode-se exemplificar este fato considerando uma folha de papel dividida numa malha regular quadrangular, ou seja, igualmente espaçada entre as linhas horizontais e verticais. A partir de uma esfera dividida em meridianos e paralelos, coloca-se a folha de papel sobre a esfera, coincidindo a linha central da folha com o meridiano central da esfera. Não é possível representar uma região curva num plano sem distorções, logo, à medida que nos afastamos da linha central sobre a qual o traçado coincide, nas direções de leste a oeste, ocorre uma variação angular denominada convergência meridiana.

A convergência meridiana é variável em relação a cada ponto, dentro do fuso, e igual para pontos simétricos, um de cada lado do Meridiano Central. A convergência meridiana para um dado ponto é o ângulo formado, nesse ponto, pelo norte geográfico com o norte de quadrícula. No sistema UTM a Convergência Meridiana Plana cresce com a latitude e com o afastamento do Meridiano Central. No hemisfério Norte ela é positiva para Este do Meridiano Central e negativa para Oeste. No hemisfério Sul ela é negativa a Este do Meridiano Central e positiva a Oeste.

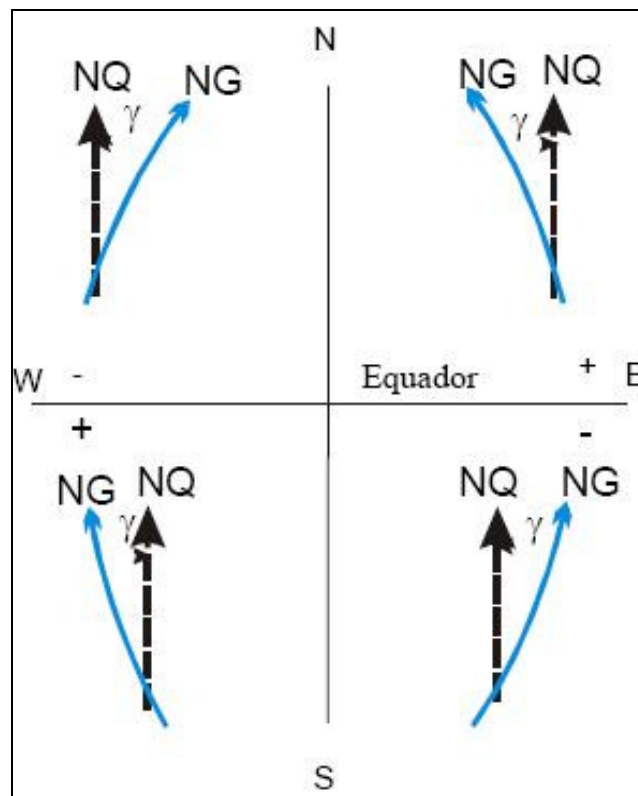


Fig.4 - Convergência Meridiana nos quatro Quadrantes.

2.1.7.1 Cálculo da convergência meridiana plana em função das coordenadas geodésicas

A Convergência Meridiana pode ser calculada, entre outros métodos, através das seguintes fórmulas:

$$C = XII \cdot p + XIII \cdot p^3 + C^5 \cdot p^5 \quad (6)$$

Onde:

$$\text{Achatamento: } \alpha = (a - b) / a \quad (7)$$

$$\text{Ou: } \alpha = 1/f \quad (8)$$

$$\text{Semi-eixo menor b: } b = a (1 - \alpha) \quad (9)$$

$$\text{Semi-eixo maior a: } a = (1 - b) / \alpha \quad (10)$$

$$\text{Excentricidade 1ª: } e^2 = 1 - (b^2 / a^2) \quad (11)$$

$$\text{Ou: } e^2 = 2 \cdot \alpha - \alpha^2 \quad (12)$$

$$\text{Excentricidade 2ª: } ex2 = (a^2 - b^2) / b^2 \quad (13)$$

$$\text{Meridiano Central (MC): } MC = 183 - 6 \cdot \text{Fuso UTM} \quad (14)$$

Sendo que o território brasileiro é abrangido pelos fusos de 25 a 18.

$$XII = \text{sen } \varphi \cdot 10^4 \quad (15)$$

$$XIII = (\text{sen}^2 1'' \cdot \text{sen } \varphi \cdot \cos^2 \varphi / 3) \cdot (1 + 3 \cdot ex2^2 \cdot \cos^2 \varphi + 2 \cdot ex2^4 \cdot \cos^4 \varphi) \cdot 10^{12} \quad (16)$$

$$C^5 = (\text{sen}^4 1'' \cdot \text{sen } \varphi \cdot \cos^4 \varphi / 15) \cdot (2 - \tan^2 \varphi) \cdot 10^{20} \quad (17)$$

$$p = 0,0001 \cdot (MC - (\lambda \cdot (180 / \pi \cdot 3600))) \quad (18)$$

$$1'' = 0,0002777777777778 \text{ (decimal)} \quad (19)$$

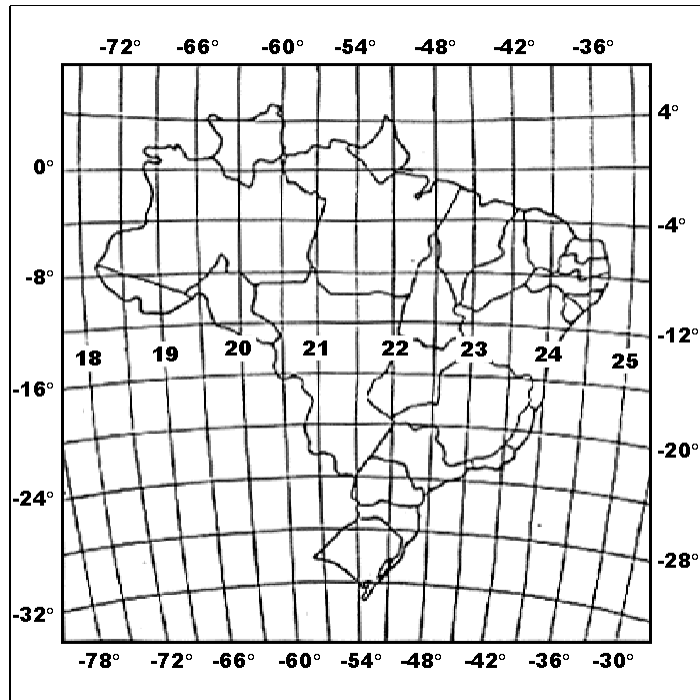


Fig. 5 – Os fusos UTM no Brasil.

2.1.7.2 Cálculo da convergência meridiana plana em função da UTM

Pode ser calculada também pelo seguinte método:

$$C = (XV) \cdot q + (XVI) \cdot q^3 + (F'5) \cdot q^5 \quad (20)$$

Onde:

$$q = 0,000001 \cdot (E_UTM - 500.000) \quad (21)$$

$$\text{Excentricidade } 1^a: e^2 = 1 - (b^2 / a^2) \quad (22)$$

$$\text{Ou: } e^2 = 2 \cdot \alpha - \alpha^2 \quad (23)$$

$$\text{Grande normal: } N = a / (1 - e^2 \cdot \text{sen}^2 \varphi)^{1/2} \quad (24)$$

$$K_0 = 0,9996$$

$$XV = (\tan \varphi / N \cdot \text{sen } 1'') \cdot (1/K_0 \cdot 10^6) \quad (25)$$

$$F'5 = (\tan \varphi / 15 \cdot N^5 \cdot \text{sen } 1'') \cdot (2 + (5 \cdot \tan^2 \varphi) + (3 \cdot \tan^4 \varphi)) \cdot (1/K_0^5) \cdot 10^{30} \quad (26)$$

Calcula-se a latitude de forma iterativa por meio das seguintes expressões:

$$N1 = 10.000.000 - N_UTM \quad (27)$$

$$B1 = N1 / K_0 \quad (28)$$

$$\varphi = Bl. 1/ \alpha \quad (29)$$

Processo iterativo:

$$\varphi = 1/\alpha.(Bl+(\beta.\text{sen}^2 \varphi)-(y.\text{sen}^4 \varphi)+(\delta.\text{sen}^6 \varphi)-(\zeta.\text{sen}^8 \varphi)+(\varepsilon.\text{sen}^{10} \varphi)) \quad (30)$$

Sendo:

$$\alpha = (A.a.(1-e^2)) / (180/\pi) \quad (31)$$

$$\beta = (B.a.(1-e^2)) / 2 \quad (32)$$

$$y = (C.a.(1-e^2)) / 4 \quad (33)$$

$$\delta = (D.a.(1-e^2)) / 6 \quad (34)$$

$$\zeta = (E.a.(1-e^2)) / 8 \quad (35)$$

$$\varepsilon = (F.a.(1-e^2)) / 10 \quad (36)$$

Onde:

$$A = 1+3/4.e^2+45/64.e^4+175/256.e^6+11025/16384.e^8+43659/65536.e^{10}+... \quad (37)$$

$$B = 3/4.e^2+15/16.e^4+525/512.e^6+2205/2048.e^8+72765/65536.e^{10}+... \quad (38)$$

$$C = 15/64.e^4+105/256.e^6+2205/4096.e^8+10395/16384.e^{10}+... \quad (39)$$

$$D = 35/512.e^6+315/2048.e^8+31185/131072.e^{10}+... \quad (40)$$

$$E = 315/16384.e^8+3465/65536.e^{10}+... \quad (41)$$

$$F = 693/131072.e^{10}+... \quad (42)$$

2.2 Ajustamento de observações

O ajustamento de observações é uma poderosa ferramenta em qualquer área da engenharia, permitindo a solução de problemas amparados em análises estatísticas e de qualidade. O ajustamento relaciona observações e parâmetros através de equações que conectem ambas as informações e, através de álgebra, determina a melhor solução possível para este sistema. Embora existam diversos modos de realizar o ajustamento, neste trabalho serão apresentados os mais utilizados que são os seguintes métodos: paramétrico com injeção e combinado.

O método combinado é o mais abrangente dentre os métodos de ajustamento que utilizam o método dos mínimos quadrados (MMQ), permitindo que parâmetros e

observações estejam misturados e relacionados dentro das equações. A principal desvantagem deste método é o alto custo computacional, pois requer a criação de mais matrizes e um número maior de cálculos. O modelo matemático do método combinado é apresentado abaixo (Gemael, 1994):

$$X_a = X_0 + \{-[A^c \cdot (B \cdot P^{-1} \cdot B^c)^{-1} \cdot A]^{-1} \cdot A^c \cdot (B \cdot P^{-1} \cdot B^c)^{-1} \cdot W\} \quad (43)$$

Onde:

X_a representa o vetor dos parâmetros ajustados;

X_0 representa o vetor dos parâmetros iniciais;

A representa a matriz das derivadas parciais das equações em relação às observações;

B representa a matriz das derivadas parciais das equações em relação aos parâmetros;

P representa a matriz peso das observações;

W representa o vetor de resíduos das equações quando aplicados os parâmetros iniciais.

O outro método comentado é o paramétrico com injunções. Este método é um caso particular do combinado onde os parâmetros podem ser separados para um lado da equação e as observações para o outro lado. Quando isto é possível a equação apresentada acima é simplificada, permitindo a obtenção do resultado com um número menor de operações. O uso de injunções relativas permite que alguns parâmetros tenham seus resultados restringidos, aumentando ainda mais a eficiência do método.

O ajustamento de observações é uma das mais importantes ferramentas matemáticas utilizadas na Engenharia Cartográfica. Em linguagem simplificada, o ajustamento de observações é um método de estimar parâmetros através de observações que possuam relação aos mesmos através de funções. O ajustamento também permite que seja controlada a qualidade e confiabilidade dos dados. Os métodos de ajustamento descritos neste trabalho utilizam o princípio dos mínimos quadrados para obter a melhor solução possível. O método dos mínimos quadrados busca o melhor ajuste para um resultado, de forma que o resíduo total dos parâmetros seja mínimo (Gemael, 1994; Matsuoka, 2003; Mônico, 2008).

Há três principais modelos de ajustamento (Gemael, 1994):

a) Paramétrico;

b) Correlatos;

c) Combinado.

Cada um destes três métodos possui suas vantagens e desvantagens. A tabela abaixo ilustra quais as principais características dos métodos:

Método	Vantagens	Desvantagens
Paramétrico	- Fácil de aplicar; - Baixo custo computacional; - Resultado igual ao Combinado, quando aplicável.	- Há restrições na forma de utilização; - É mais trabalhoso do que o método Correlatos.
Correlatos	- Simples e fácil de aplicar; - Baixo custo computacional; - Resultado igual ao Paramétrico ou ao Combinado, quando aplicável.	- Não fornece os parâmetros finais de forma Direta; - Ajusta somente as observações, sem considerar os parâmetros.
Combinado	- Resolve qualquer problema de ajustamento.	- Alto custo computacional; - Exige derivadas parciais para cada observação e parâmetro utilizado.

Quadro 1- Comparativo entre os métodos de ajustamento.

Os dois métodos abordados aqui serão o paramétrico e o combinado, por se tratarem dos métodos mais indicados nas situações que serão encontradas no projeto. O método combinado utiliza o princípio dos mínimos quadrados para estimar um grupo de parâmetros, ligados a outro grupo de observações através das equações de condição. Para este método, não há muitas restrições, desde que seja dada a correta geometria e graus de liberdade para resolução do mesmo. Já o modelo paramétrico é na verdade uma simplificação do modelo combinado, quando a derivada parcial das equações de condição em relação às observações fornece um número inteiro (Matsuoka, 2003; Mônico, 2008; Gemael, 1994).

O ajustamento de observações é uma ferramenta realmente versátil, mas também requer muito conhecimento para que sejam tomados alguns cuidados necessários para o correto funcionamento desta. A premissa básica do ajustamento prevê que existam graus de liberdade, ou seja, superabundância de observações. Também é necessário que o problema tenha uma geometria adequada, como, por exemplo, ao formar um plano, dispor de três pontos que não sejam colineares, pois se forem, há inúmeros planos que podem ser formados.

Por fim, é necessário considerar que as matrizes do ajustamento deverão ser invertidas, portanto, é necessário conhecer a capacidade do programa utilizado e as dimensões da matriz (Gemael, 1994; Jamsa, et al., 1999).

Durante a realização de um ajustamento, é possível que alguns dados observados precisem ser inseridos no mesmo, efetuando a adição de observações, seja porque foram coletados posteriormente, ou outro motivo qualquer. O princípio do ajustamento de observações permite que sejam utilizados os dados já processados de um ajustamento para inserir estes novos dados, sem a necessidade de se realizar novamente o ajustamento inteiro. No processamento de dados GNSS, esta é uma ferramenta muito útil, devido à possibilidade de inserir os dados na medida necessária para obter a qualidade desejada, sem a necessidade de processar dados não necessários, o que demanda tempo para o processamento. A adição de observações pode ser realizada em qualquer um dos dois métodos, seja o combinado, seja o paramétrico (Gemael, 1994).

2.2.1 Ajustamento de rede GPS

Uma das etapas mais importantes do levantamento georreferenciado é o ajustamento dos pontos que servem de referência para outros. No presente trabalho o marco denominado de Base, que serve de ponto de transporte de coordenadas para o imóvel, foi ajustado a partir de duas estações ativas da RBMC, de Porto Alegre e de Santa Maria, com linhas de base de 150 e 308 km, respectivamente. No ajustamento dos dados coletados pelo rastreamento do ponto Base, foram fixadas as coordenadas das estações da RBMC acima mencionadas, sendo classificadas como pontos de controle, a partir das quais partiram vetores independentes em direção ao ponto base (um vetor independente de cada estação da RBMC), determinando a posição do ponto base com maior confiabilidade.

O ajustamento da rede GPS pode ser efetuado usando o método paramétrico (método das equações de observações), o dos correlatos (método das equações de condição) ou o combinado. Neste trabalho foi utilizado o método paramétrico para o ajustamento da rede GPS.

De posse das diferenças de coordenadas ΔX , ΔY e ΔZ das linhas-base e suas respectivas MVCs (matriz variância e covariância), obtidas a partir do processamento das

linhas-base GPS, realiza-se o ajustamento utilizando o método paramétrico. O modelo matemático para o caso de duas estações i e j é dado por:

$$\Delta X_{ij} = X_j - X_i \quad (44)$$

$$\Delta Y_{ij} = Y_j - Y_i \quad (45)$$

$$\Delta Z_{ij} = Z_j - Z_i \quad (46)$$

Onde, ΔX , ΔY e ΔZ são as observações advindas do processamento GPS e X , Y e Z as incógnitas, que são as coordenadas das estações.

O modelo matemático das observáveis na forma linearizada pode ser escrito como (MONICO, 2000):

$$E\{Lb\} = AX, \quad (47)$$

$$D\{L\} = \Sigma Lb, \quad (48)$$

Onde:

Lb : vetor das observações;

A : matriz *design*;

X : vetor parâmetros incógnitos;

$D\{L\}$: operador de dispersão;

ΣLb : a matriz variância-covariância (MVC) das observações.

A matriz peso e o vetor dos parâmetros ajustados são representados, respectivamente, por:

$$P = \sigma_o^2 \Sigma_{Lb}^{-1} \quad (49)$$

Onde σ_o^2 é o fator de variância *a priori*, o qual pode ser arbitrado.

$$X_a = (A^T P A)^{-1} (A^T P L_b) \quad (50)$$

Onde L_b é o vetor das observações obtidas no levantamento.

As MVCs envolvidas no ajustamento são expressas por:

$$\Sigma_{X_a} = \sigma_o^2 N^{-1} \quad (51)$$

$$\Sigma_{La} = A\Sigma_{Xa} A^T \quad (52)$$

$$\Sigma_V = \Sigma_{Lb} + \Sigma_{La} \quad (53)$$

Onde:

Σ_{Xa} : MVC dos valores ajustados;

Σ_{La} : MVC das observações ajustadas;

Σ_V : MVC dos resíduos.

O quadro abaixo mostra a dimensão das matrizes do ajustamento, sendo que n é o número de observações e u é o número de parâmetros.

Matrizes	Dimensão
A	$n \times u$
P	$n \times n$
$L = L_o = L_b$	$n \times 1$
$\Sigma_{Xa} = N$ (simétrica)	$u \times u$
$V = U = X_a$	$u \times 1$

Quadro 2 - Dimensões das matrizes no ajustamento.

Depois de realizados todos os ajustamentos, obtiveram-se as informações relacionadas ao controle de qualidade a partir do teste Qui-quadrado ao nível de confiança de 95%, o qual foi aprovado.

Foram testadas duas configurações de rede GPS, a primeira partindo vetores independentes das estações ativas da RBMC para os pontos base implantados no imóvel. A segunda configuração consistiu no seguinte: após o ajustamento dos pontos base, denominados de Base01 e 02, partiram vetores independentes dessas bases para os vértices que definem o perímetro da gleba, ajustando-os também.

Conforme a 2ª edição da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, a primeira configuração é obrigatória quando utilizado o método de posicionamento relativo estático, enquanto que a segunda configuração é opcional. A determinação das coordenadas dos vértices do perímetro, utilizando o método de ajustamento de observações e o método relativo, no qual se considerou somente uma base, proporcionaram os mesmos resultados, obtendo as mesmas coordenadas para os vértices do perímetro.

Portanto, no presente trabalho, o ajustamento de rede GPS mostrou-se fundamental no ajustamento das bases implantadas no imóvel, entretanto, dispensável na determinação das coordenadas geodésicas dos vértices do perímetro.

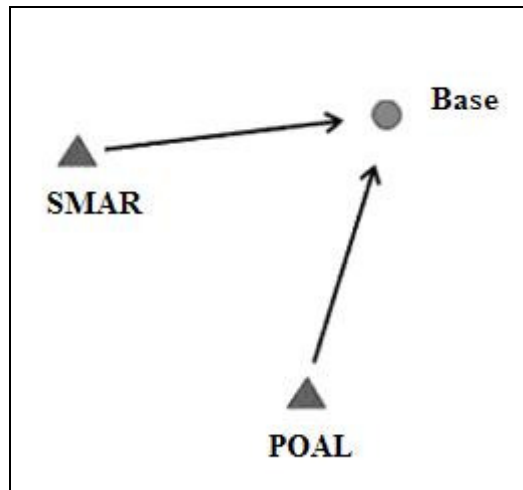


Fig. 6 - Representação dos vetores independentes das estações ativas da RBMC utilizadas no ajustamento da base implantada no imóvel.

2.3 Geodésia

A Geodésia pode ser compreendida como a ciência que trata da determinação das dimensões e forma da Terra, intensidade do seu campo gravitacional e suas variações temporais. Na prática significa a determinação das coordenadas astronômicas e geodésicas de pontos fixos, com a finalidade de proporcionar o apoio para levantamentos de ordem inferior com o objetivo de gerar cartas precisas da superfície terrestre. Os pontos materializados no terreno servem como referência precisa a diversos projetos de engenharia, como levantamento de imóveis urbanos e rurais, locação de estradas e loteamentos e barragens entre outros exemplos.

2.3.1 Superfícies de referência

Todo o projeto deve partir de um ponto de referência, deve ser amarrado a um referencial conhecido ou arbitrado, podendo estar localizado em uma das superfícies de referência existentes. Existem várias superfícies de referências, as quais são adotadas conforme o trabalho que se deseja realizar e os equipamentos utilizados. É muito importante conhecer as suas características para transferir coordenadas de uma para a outra, para executar projetos de locação de gasodutos, oleodutos, estradas, aterros, cortes e controle de estabilidade de estruturas de concreto entre outros trabalhos. A seguir, os detalhes das principais superfícies de referência utilizadas em serviços geodésicos e topográficos.

2.3.1.2 Superfície Topográfica (ST)

É a superfície real, irregular, sobre a qual estamos apoiados e efetuamos as medições geodésicas de distâncias, ângulos, desníveis, locações e divisões entre outros trabalhos. Não é possível representá-la em toda a sua extensão por meio de relações matemáticas, pois é um modelo irregular. Também é denominada de Superfície Física da Terra (SF).

2.3.1.3 Superfície Elipsoidal (SE)

É a superfície do modelo geométrico no qual são efetuados os cálculos geodésicos e desenvolvidas as fórmulas. As observações geodésicas efetuadas na superfície física são reduzidas à superfície elipsoidal para todos os cálculos geodésicos, adotando-se para a terra o elipsóide de revolução. O elipsóide é formado a partir de uma elipse rotacionada em torno do seu semi-eixo menor (b). É a superfície de referência com tratamento matemático que mais se aproxima do geóide.

2.3.1.4 Superfície Geoidal (SG)

É uma superfície ondulada, definida pelo nível médio dos mares em repouso, prolongada através dos continentes, de maneira que as linhas verticais cruzem perpendicularmente esta superfície em todos os pontos. O geóide depende do campo gravitacional terrestre e da distribuição de massa no interior da terra, variando em regiões de cadeia montanhosas e depressões. É uma superfície equipotencial do campo de gravidade da terra que melhor se aproxima do nível médio dos oceanos em toda a Terra (Vanicek & Krakiwsky).

O geoide é uma superfície que teoricamente passa pelos pontos de altitude nula, determinados pelos marégrafos. É muito irregular, não sendo possível a sua representação matemática exata por meio de um modelo.

A separação entre a superfície do geóide e do elipsóide denomina-se ondulação geoidal (N).

2.3.2 Sistemas de Coordenadas

Após a definição das superfícies de referência, deve-se definir o sistema de coordenadas que permite localizar um ponto de forma inequívoca sobre tais superfícies. Os sistemas de coordenadas mais conhecidos serão abordados a seguir.

2.3.2.1 Sistema de Coordenadas Geográficas

As coordenadas geográficas são referidas à Terra como se ela fosse esférica, sendo que a abscissa é a longitude, eixo x , e a ordenada é a latitude, eixo y . As coordenadas geográficas são determinadas através dos paralelos e meridianos que são linhas de referência, as quais cobrem todo o globo terrestre com a finalidade de permitir a localização precisa de qualquer ponto sobre a sua superfície.

A latitude é o ângulo formado entre a linha que une um ponto da superfície terrestre ao centro da Terra e a projeção dessa linha sobre o plano do Equador. Varia de 0° a 90° , sendo positiva no hemisfério Norte e negativa no hemisfério Sul. É o arco contado sobre o meridiano do lugar e que vai do Equador até o lugar considerado.

A longitude é o ângulo formado entre os planos que contém o meridiano de Greenwich e o meridiano que passa pelo ponto. É contada a partir do meridiano de Greenwich, por oeste, variando de 0° a 360° , ou 0° a $\pm 180^\circ$ (W/E), positiva à leste de Greenwich. É o arco contado sobre o Equador e que vai do meridiano de Greenwich até o meridiano do referido lugar.

2.3.2.2 Coordenadas Geodésicas

O sistema de coordenadas Geodésicas, também denominadas de elipsóidicas, envolve o elipsóide de referência adotado. Esse sistema estabelece o paralelismo entre o eixo de rotação terrestre e o eixo de rotação do elipsóide, já que não é possível fazer a coincidência do centro geométrico do elipsóide com o centro de gravidade da terra, por não conhecermos este último.

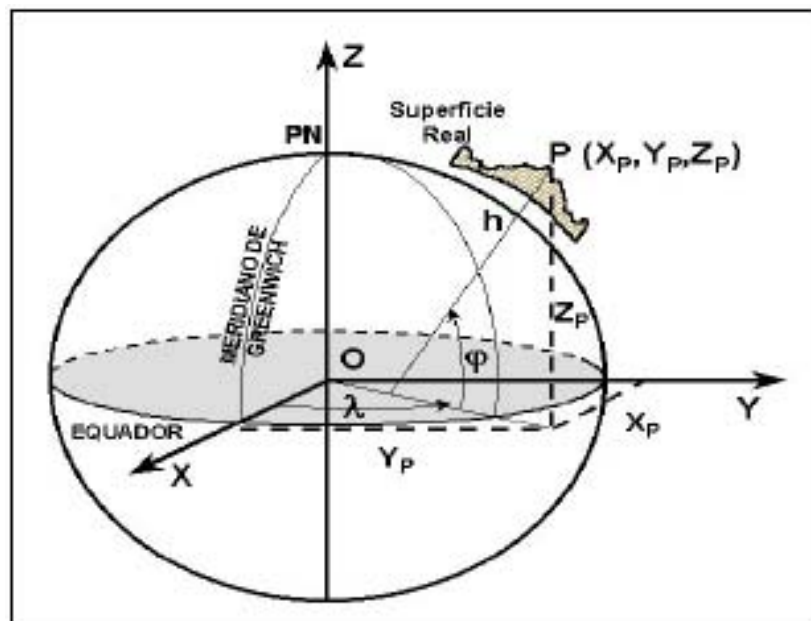


Fig. 7 – Sistema de Coordenadas Geodésicas.

A latitude geodésica (φ) é o ângulo formado pela normal (n) ao ponto considerado, com sua projeção equatorial. Também conhecida como latitude elipsóidica. A latitude geodésica tem origem no equador do modelo, sendo nula em todos os pontos do mesmo, variando de 0° a 90° , sendo negativa no hemisfério sul.

A longitude geodésica (λ) consiste num diedro formado pelo meridiano geodésico paralelo ao de Greenwich e pelo meridiano do ponto em estudo. A longitude geodésica varia de 0° a 180° , por leste e por oeste, sendo positiva a leste.

A altitude geométrica (h) é necessária para definir a posição de um ponto no sistema de coordenadas geodésicas sem cometer equívocos. A coordenada geodésica h indica a exata posição do ponto sobre a normal, sendo determinado como a distância do ponto P até a sua projeção P' no elipsóide, contada ao longo da respectiva normal. Os receptores GPS fornecem altitude geométrica. Esta coordenada é nula na superfície do elipsóide.

A Altitude Ortométrica (H) é a distância compreendida entre o ponto considerado e o geóide, contada sobre a vertical. Pode ser obtida por nivelamento geométrico associado a gravimetria, e também por rastreio de satélites artificiais em pontos nos quais o geóide é conhecido.

A Ondulação Geoidal (N) é a separação geóide-elipsóide do ponto considerado.

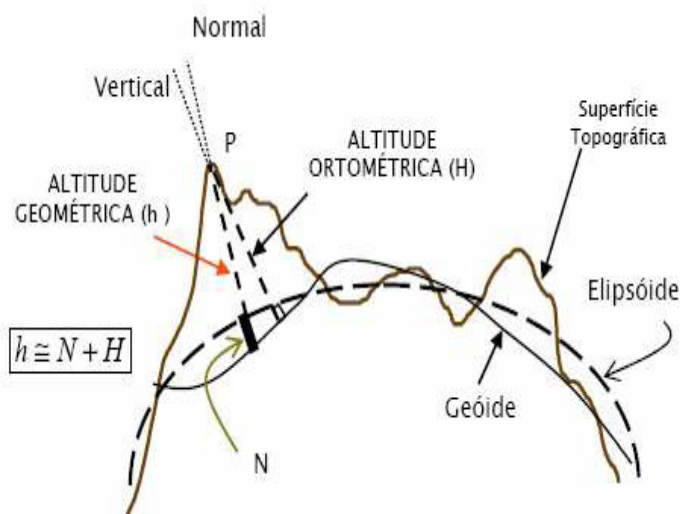


Fig. 8 – Altitude geométrica e ortométrica, Superfície Topográfica, Elipsoidal e Geoidal.

Transformação das coordenadas geodésicas para cartesianas:

$$X = (N + h) \cos \Phi \cdot \cos \lambda \quad (54)$$

$$Y = (N + h) \cdot \cos \Phi \cdot \sin \lambda \quad (55)$$

$$Z = [N(1 - e^2) + h] \cdot \sin \Phi \quad (56)$$

Sendo:

X,Y,Z = Coordenadas cartesianas espaciais;

a = semi-eixo maior do elipsóide de referência;

b = semi-eixo menor do elipsóide de referência;

h = altura geométrica ou elipsoidal;

N = raio de curvatura da seção primeira vertical;

e^2 = primeira excentricidade;

Φ = latitude do ponto considerado;

λ = longitude do ponto considerado.

Onde:

$$e^2 = (a^2 - b^2) / b^2 \quad (57)$$

$$N = a / (1 - e^2 \sin^2 \Phi)^{1/2} \quad (58)$$

2.3.2.3 Coordenadas Plano Retangulares

Este sistema de coordenadas é baseado no sistema de Coordenadas Cartesiano Plano criado pelo filósofo francês René Descartes (1569-1650), cujo nome em Latim era Renatus Cartisus, o que explica o termo “Sistema Cartesiano”.

O sistema de Coordenadas Plano Retangulares consiste de dois eixos geométricos, localizados num mesmo plano e perpendiculares entre si, formando quatro quadrantes. O cruzamento dos dois eixos é a origem do sistema. O eixo primário, localizado na horizontal, é denominado abscissa X, enquanto que o eixo secundário, localizado na vertical, é perpendicular ao eixo das abscissas e é denominado de ordenada Y. Os dois eixos são igualmente graduados de acordo com a escala definida para o sistema. O eixo Y é positivo na origem “para cima” e o eixo X é positivo da origem “para a direita”. As coordenadas retangulares de um ponto são dadas por dois números que correspondem às projeções geométricas deste ponto sobre o eixo das abscissas e sobre o eixo das ordenadas. Ao par de coordenadas (x,y) dá-se o nome de coordenadas retangulares planas.

Para o uso deste sistema na topografia o sentido da leitura angular foi invertido, lendo-se os ângulos no sentido horário, em conformidade com o sentido de graduação do

limbo da maioria dos instrumentos topográficos mecânicos e a referência angular sendo o eixo vertical.

Para a determinação das coordenadas de um ponto no Sistema de Coordenadas Plano Retangulares é necessário conhecer as coordenadas de um ponto de origem, a orientação e a distância entre essa origem e o ponto a ser determinado.

2.3.2.4 Sistema de Coordenadas Polar Plano

O Sistema de Coordenadas Polar Plano é determinado por um ponto fixo, denominado origem ou pólo, e por uma direção ou eixo passando por esse pólo. A posição de um ponto é definida a partir da indicação de um ângulo α , denominado ângulo polar, medido a partir de um eixo de referência, e de uma distância ρ , denominado raio vetor, medida a partir da origem (pólo). Ao par de valores (α, ρ) dá-se o nome de coordenadas polares planas.

Da mesma forma que o Sistema de Coordenadas Cartesiano Plano, o Sistema de Coordenadas Polar Plano, tal como ele é usado na matemática, possui o sentido anti-horário como sentido positivo e utiliza o eixo horizontal como eixo de referência angular. Na topografia ele sofreu também uma inversão no sentido positivo do ângulo. O sentido positivo, neste caso, é o sentido horário e, da mesma forma que o Sistema de Coordenadas Cartesiano Plano Topográfico, a origem do ângulo é o eixo vertical. A esse sistema de coordenadas dá-se o nome de Sistema de Coordenadas Polar Plano Topográfico.

2.3.2.5 Sistema de Coordenadas Cartesianas Espaciais

O posicionamento espacial de um ponto pode ser determinado, em um sistema cartesiano, a partir da adição de um terceiro eixo, Z, ao sistema de coordenadas cartesiano plano. Dessa forma, o Sistema de Coordenadas Cartesiano Espacial é definido de maneira que a origem seja o centro da Terra, os eixos X e Y pertencem ao plano do equador, o eixo Z coincida com o eixo médio de rotação da Terra e o eixo X seja direcionado de maneira a interceptar o meridiano de referência. Ao sistema definido dessa maneira dá-se o nome de Sistema Cartesiano Geocêntrico.

É importante salientar que o Sistema Cartesiano Geocêntrico não é adequado para as medições topográficas em geral devido ao fato dele não representar convenientemente as altitudes. A coordenada Z, neste sistema, é perpendicular ao plano do equador enquanto que a altura elipsoidal h, é normal a superfície de referência. Assim, um aumento no valor de h não produzirá um aumento igual em Z. É fundamental não confundir coordenada Z com altura elipsoidal ou com a altitude de um ponto. Abaixo, a figura 9 ilustra o sistema descrito.

Transformação das coordenadas Cartesianas para Geodésicas:

$$\lambda = \arctan (Y/X) \quad (59)$$

$$\varphi = \arctan (Z + b e^2 \operatorname{sen}^3 \psi_o / d - a e^2 \operatorname{cos}^3 \psi_o) \quad (60)$$

$$h = (d / \operatorname{cos} \varphi) - N \quad (61)$$

Sendo:

ψ_o = latitude geocêntrica;

φ = latitude geodésica;

e^2 = excentricidade segunda.

Onde:

$$d = (X^2 + Y^2)^{1/2} \quad (62)$$

$$\psi_o = \arctan (Z/d \cdot a/b) \quad (63)$$

$$e^2 = e^2 / 1 - e^2 \quad (64)$$

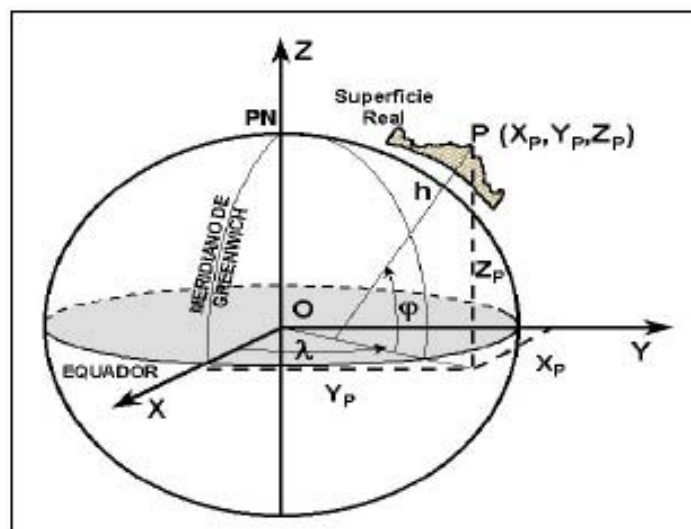


Fig. 9 – Sistema Cartesiano Geocêntrico

2.3.3 Sistema Geodésico de Referência (SGR)

É um sistema formado por um elipsóide que serve de referência para a localização de qualquer ponto sobre o planeta terra.

Para a implantação de um Sistema Geodésico de Referência (SGR), conforme Oliveira, 1998, são necessárias quatro etapas: conceito, definição, materialização e densificação.

Do ponto de vista conceitual do Sistema Geodésico de Referência é visualizada a origem do sistema e fixação dos eixos. Com a origem no centro de massa da Terra ou trasladado para o centro de outro sistema. Quanto à fixação dos eixos de coordenadas, estes devem ser fixos no espaço com relação à origem.

A definição estabelece princípios que fixam a origem, a orientação e eventual escala de sistemas de coordenadas, como por exemplo o elipsóide de revolução.

A materialização é o conjunto de pontos fixados no terreno por meio de marcos de concreto, entre outros, aos quais é estabelecido um conjunto de coordenadas de referência para os mesmos.

A densificação implica na materialização de pontos auxiliares na superfície terrestre, com um espaçamento menor entre os pontos do que os pontos principais da rede.

A terra pode ser aproximada por um elipsóide de revolução, o qual foi gerado pela rotação de uma elipse em torno do eixo polar. Esta superfície é considerada como a mais próxima da forma real da terra e que tenha tratamento matemático, em substituição ao geóide. Esta aproximação do geóide pelo elipsóide só é possível mediante as seguintes condições:

- a) coincidência do centro do elipsóide com o centro de gravidade da Terra;
- b) coincidência do plano equatorial do elipsóide com o plano do equador terrestre;
- c) minimização dos desvios em relação ao geóide.

Para atender a última condição efetuam-se ligações entre geóide e elipsóide em pontos conhecidos como datum geodésico, ou seja, lugar onde o elipsóide tangencia a superfície terrestre.

Os Sistemas Geodésicos de Referência são classificados, quanto ao método de determinação e orientação, em Clássicos e Modernos.

O método Clássico implica na determinação de posições precisas sobre a superfície terrestre através de métodos clássicos que resultaram na necessidade de adoção de

dois SGRs, um horizontal e outro vertical. O SGR vertical fornece a referência para a determinação precisa da componente altimétrica do SGB (Sistema Geodésico Brasileiro), enquanto o SGR horizontal fornece a referência para a determinação precisa das componentes planimétricas (latitude e longitude).

Um SGR horizontal é tradicionalmente definido por um elipsóide e seu posicionamento no espaço. Este elipsóide é escolhido de forma a garantir uma boa adaptação ao geóide da região. Os parâmetros definidores do sistema normalmente estão vinculados a um ponto da superfície terrestre denominado de ponto origem, ou datum. O centro desse elipsóide não coincide com o centro de massa da Terra, o geocentro, devido ao requisito de boa adaptação na região de interesse.

As metodologias de levantamentos utilizadas na materialização de um SGR clássico horizontal foram a triangulação e a poligonação. Os sistemas Córrego Alegre, Chuá Asto-Datum e o SAD69 são exemplos de SGR de concepção clássica.

Um referencial geodésico moderno apresenta as seguintes características: sua definição pressupõe a adoção de um elipsóide de revolução cuja origem coincide com o centro de massa da Terra e com o eixo de revolução coincidente com o eixo de rotação da Terra. A sua materialização dá mediante o estabelecimento de uma rede de estações geodésicas com coordenadas tridimensionais. Estas coordenadas são estabelecidas através de técnicas de posicionamento espacial de alta precisão, como VLBI (Very Long Baseline Interferometry) e GPS (Global Positioning System), entre outras.

O International Terrestrial Reference System (ITRS) é um exemplo de referencial moderno, sendo que suas realizações tem a denominação de ITRF_{yy} (International Terrestrial Reference Frame), sendo yy para acompanhamento temporal das coordenadas.

O Projeto Mudança do Referencial Geodésico (PMRG) visa promover a adoção no país de um novo sistema de referência, mais moderno, de concepção geocêntrica, e compatível com as modernas tecnologias de posicionamento. Sendo assim, o Sistema Geodésico Brasileiro adotado atualmente é o SIRGAS2000, sistema geocêntrico que estabelece o eixo de rotação paralelo ao eixo de rotação da Terra, onde a origem está localizada no centro de massa da terra, juntamente com o SAD-69, sistema topocêntrico no qual o centro do elipsóide, ou origem dos eixos, não está localizado no centro de massa da Terra, mas sim no ponto de origem escolhido. O período de transição previsto não deve exceder dez anos. Para concluir: define-se um Sistema Geodésico de Referência, baseado num conjunto de parâmetros e convenções, junto a um elipsóide ajustado às dimensões terrestres, e devidamente orientado, e constituindo assim um referencial adequado para atribuição de

coordenadas de pontos da superfície física (Monico, 2000). Atualmente, os sistemas geodésicos de referência são constituídos por redes de referência, idealizadas através de pontos materializados no terreno, cujas coordenadas são obtidas por técnicas espaciais. Estas redes podem ser: globais (IGS), continentais (SIRGAS), nacionais (RBMC), regionais (redes GPS estaduais).

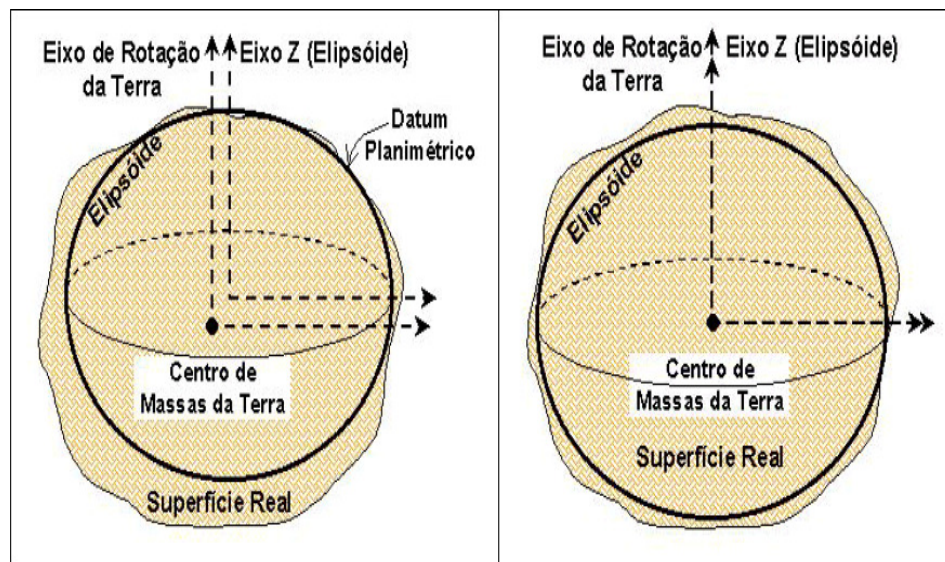


Fig. 10 - Sistema Geodésico de Referência.

2.3.3.1 WORLD GEODETIC SYSTEM 1984 (WGS84)

O WGS84 é um sistema de referência global e geocêntrico. Esse sistema é utilizado pelo Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) do Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (*U.S. Department of Defense – DoD*), o Sistema de Posicionamento Global (GPS). Desta forma, quando um levantamento é efetuado usando-se o GPS em sua forma convencional, as coordenadas dos pontos envolvidos são obtidas nesse sistema de referência. Sua origem é o centro de massa da Terra, com os eixos cartesianos X, Y e Z definidos de forma idêntica do CTRS (*Conventional Reference System – Sistema de Referência Terrestre Convencional*) para a época 1984,0 (MONICO, 2008). Nessa definição o eixo Z aponta para o pólo terrestre convencional, o eixo X na direção do equador terrestre e meridiano médio de Greenwich e o eixo Y contido no plano do equador médio, completando o terno ortogonal dextrógiro.

O WGS84 é a quarta versão dos sistemas de referência estabelecido pelo DoD, cuja primeira versão é de 1960. Na época de sua criação o sistema fornecia precisão métrica em função da limitação da técnica observacional utilizada, o Doppler. Desde então, uma série de refinamentos foram feitos ao WGS84, com o objetivo de melhorar a precisão da sua versão original. Para a versão atual do WGS84 (G1150), no qual G indica que nesse refinamento foi utilizada a técnica GPS e '1150' se refere à semana GPS desta solução, a acurácia é de 1 centímetro. Todas essas precisões foram obtidas em relação ao *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF).

2.3.3.2 SIRGAS

O SIRGAS, Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul, Central e Caribe, foi criado em outubro de 1993, contando com a participação dos países da América do Sul, Central, Norte e Caribe entre outros, representados por suas agências nacionais, tendo como principal objetivo estabelecer um sistema de referência geocêntrico para a América do Sul, Central e Caribe. Este modelo adotou a concepção de um Sistema de Referência Moderno, no qual a componente “tempo” é acrescentada e as coordenadas e vetor velocidade dos vértices são referidos a uma determinada época. Sua definição corresponde com o Sistema Internacional de Referência Terrestre - ITRS (International Terrestrial Reference System), sendo a realização do SIRGAS uma densificação regional da Rede Internacional de Referência Terrestre – ITRF (International Terrestrial Reference Frame).

Atualmente (abril de 2010), a rede SIRGAS é composta por aproximadamente 200 estações localizadas na América Latina, ilhas do Caribe e Antártica e 6 Centros Locais de Processamento realizam as atividades de processamento da Rede. Além dos 6 Centros de processamento, o DGFI (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut) realiza o processamento de um conjunto de estações "núcleo" da Rede SIRGAS.

O SIRGAS 2000 utiliza o elipsóide GRS 80 (Geodetic Reference System 1980) como elipsóide de referência, enquanto que o sistema WGS 84, utiliza o elipsóide denominado WGS 84.

Foi oficialmente adotado como Referencial Geodésico Brasileiro em 2005, através da Resolução do Presidente do IBGE N^o.1/2005, na qual é alterada a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro, estando atualmente em período de transição de dez anos, no

qual o SAD69 ainda poderá ser utilizado pelos profissionais, com a recomendação de que novos trabalhos sejam feitos já no novo sistema (Resolução do RJ, IBGE).

2.3.3.3 Compatibilidade entre SIRGAS 2000 e WGS84

O sistema de referência SIRGAS e o sistema WGS84 são geocêntricos e com suas orientações definidas pelo BIH (Bureau International de L'Heure – Serviço Internacional da Hora) que em 1988 foi substituído pelo Serviço Internacional de Rotação da Terra e de Sistema de Referência (IERS – International Earth Rotation and Reference System Service), sendo que a diferença entre os dois sistemas está nos elipsóides de referência. O SIRGAS 2000 utiliza o GRS 80 como elipsóide de referência e o sistema WGS 84 utiliza o elipsóide denominado WGS 84, que são diferentes e apresentam os seguintes parâmetros:

Principais parâmetros do elipsóide GRS 80:

Semi-eixo maior: $a = 6378137$ m

Achatamento: $f = 1/298,257222101$

Semi-eixo menor: $b = 6356752,314$ m

Excentricidade: $e^2 = 0,006694380023$

Principais parâmetros do elipsóide WGS84:

Semi-eixo maior: $a = 6378137$ m

Achatamento: $f = 1/298,257223563$

Semi-eixo menor: $b = 6356752.3142$ m

Excentricidade: $e^2 = 0.00669437999013$

Pelo fato do GPS utilizar as efemérides vinculadas ao sistema WGS84, na atualização do SIRGAS2000, que também usa as efemérides provenientes do sistema WGS84, houve uma compatibilização entre os dois sistemas de referência na mesma época em que foram atualizados.

Portanto, pelo fato da atualização dos sistemas SIRGAS2000 e WGS84 terem ocorrido na mesma época e com os mesmos dados, pode-se considerar que as coordenadas em

WGS84 são compatíveis com as coordenadas em SIRGAS 2000, não necessitando a conversão entre esses sistemas.

Essa compatibilidade se deve ao fato de que a cada refinamento do WGS84, suas coordenadas ficaram mais próximas do ITRF que adota o elipsóide GRS80. É importante ressaltar também que as diferenças encontradas nos parâmetros geométricos do elipsóide WGS84 em relação aos dos GRS80 são causadas pela utilização do coeficiente do harmônico zonal de segundo grau no WGS84 para a determinação do achatamento e que, no caso do GRS80, foi utilizada a constante dinâmica de forma.

As discrepâncias entre os parâmetros SIRGAS 2000 e WGS 84 estão dentro da acurácia esperada para a primeira realização do WGS 84, ou seja, entre $\pm 0,5$ e $\pm 1,0$ m (SEEBER, 2003). As novas versões do WGS 84 apresentam acurácia compatível com as realizações atuais do ITRS e, portanto, compatível com o SIRGAS 2000 (MONICO, 2008).

Inicialmente, o elipsóide de referência utilizado pelo sistema de navegação americano, o GPS, foi o GRS 80, adotando mais tarde um novo referencial, o elipsóide denominado de WGS 84. Atualmente, o SIRGAS 2000 adota o elipsóide GRS 80 como referencial.

2.3.3.4 Parâmetros de transformação entre sistemas de referência

Atualmente o sistema de referência no Brasil é o SIRGAS 2000, embora o prazo para mudança de SAD69 para SIRGAS esteja em vigência. A seguir, os parâmetros de transformação de um sistema de referência para outro, muito utilizado quando se tem um mapa com um sistema e deseja-se obter as suas coordenadas no sistema atual de referência.

Utiliza-se para a transformação de um sistema de referência para o outro o cálculo de matrizes, somando o parâmetro de transformação no eixo de translação, da seguinte forma:

$$[X, Y, Z]_{\text{Sistema atual}} = [X, Y, Z]_{\text{Sistema antigo}} + [\text{Parâmetros de transformação}] \quad (65)$$

Tab.1 - Parâmetros de transformação de SAD69 para outros sistemas.

De SAD69 para:	WGS84	Córrego Alegre	SIRGAS2000
Translação X	-66,87m	+138,70m	-67,348m

Translação Y	+4,37m	-164,40m	+3,879m
Translação Z	-38,52m	-34,40m	-38,223m

Tab.2 – Parâmetros de transformação de SIRGAS2000 para outros sistemas.

De SIRGAS2000 para:	WGS84	Córrego Alegre	SAD69
Translação X	+0,478m	+206,048m	+67,348m
Translação Y	+0,491m	-168,279m	-3,879m
Translação Z	-0,297m	+3,823m	+38,223m

Tab.3 – Parâmetros de transformação de Córrego Alegre para outros sistemas.

De Córrego Alegre para:	WGS84	SIRGAS2000	SAD69
Translação X	-205,57m	-206,048m	-138,70m
Translação Y	+168,77m	+168,279m	+164,40m
Translação Z	-4,12m	-3,823m	+34,40m

Tab.4 – Parâmetros de transformação de WGS84 para outros sistemas.

De WGS84 para:	SIRGAS2000	Córrego Alegre	SAD69
Translação X	-0,478m	+205,57m	+66,87m
Translação Y	-0,491m	-168,77m	-4,37m
Translação Z	+0,297m	-72,623m	+38,52m

Fonte: IBGE

2.3.4 Geometria do Elipsóide

O elipsóide de revolução é de suma importância em Geodésia, pois é o modelo geométrico adotado para os cálculos geodésicos.

Um elipsóide de revolução fica perfeitamente definido por meio de dois parâmetros: o semi-eixo maior a e o semi-eixo menor b . Em geodésia, entretanto, é tradicional considerar como parâmetros o semi-eixo maior e o achatamento, que serão definidos a seguir.

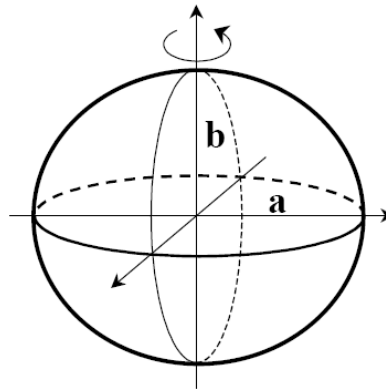


Fig. 11 – Modelo geométrico do Elipsóide.

Principais parâmetros do elipsóide:

a) a = Semi-eixo maior

b) b = Semi-eixo menor

$$b = a (1 - \alpha) \quad (66)$$

c) α = achatamento (também indicado pelo seu inverso pela letra f)

$$f = (a - b) / a \quad (67)$$

$$\text{Ou } f = 1 / \alpha \quad (68)$$

d) Excentricidade primeira: e^2

$$e^2 = 1 - (b^2/a^2) \quad (69)$$

$$\text{Ou } e^2 = 2\alpha - \alpha^2 \quad (70)$$

e) Excentricidade segunda: e'^2

$$e'^2 = (a^2 - b^2) / b^2 \quad (71)$$

f) Grande normal (1ª Vertical): N

$$N = a / (1 - e^2 \cdot \text{sen}^2 \Phi)^{1/2} \quad (72)$$

g) Pequena normal: N'

$$N' = N(1 - e^2) \quad (73)$$

$$\text{Ou } N' = a(1 - e^2) / (1 - e^2 \cdot \text{sen}^2 \Phi)^{1/2} \quad (74)$$

h) Raio de curvatura da seção meridiana M : M

$$M = a(1 - e^2) / (1 - e^2 \cdot \text{sen}^2 \Phi)^{3/2} \quad (75)$$

i) Raio de curvatura 1ª Vertical: Tem a mesma expressão que a grande normal.

j) Raio médio de curvatura: R_o

$$R_o = (M \cdot N)^{1/2} \quad (76)$$

$$\text{Ou } R_o = b/(1 - e^2 \cdot \text{sen}^2 \Phi) \quad (77)$$

k) Raio de um paralelo: r

$$r = X \quad (78)$$

l) Raio de curvatura para a seção normal de azimute α : $R\alpha$

$$1/R\alpha = \cos^2 \alpha / M + \text{sen}^2 \alpha / N \quad (79)$$

m) Comprimento do arco de paralelo: l

$$l = N \cdot \cos \Phi (\Delta \lambda) \quad (80)$$

2.4 GPS (Global Positioning System)

O sistema de posicionamento global NAVSTAR-GPS foi desenvolvido para substituir o sistema NNNS / TRANSIT que se tornou operacional em janeiro de 1964 e disponível para uso comercial no ano de 1967, sendo constituído de seis satélites, movendo-se em órbitas polares a 1075 km de altitude circulando a Terra a cada 107 minutos (Timbó, 2000). O GPS (Global Positioning System) é um sistema de radio navegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América – DoD (Department of Defense), com o objetivo de tornar-se o principal sistema de navegação das forças armadas americanas (Monico, 2000).

O GPS é um sistema de abrangência global, situado no sistema denominado de GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) e foi projetado para que em qualquer lugar da superfície terrestre, ou próximo à mesma, a qualquer momento, estejam disponíveis acima do horizonte do observador, no mínimo, quatro satélites GPS para serem rastreados. O princípio básico de navegação pelo GPS consiste na medida de distâncias entre o usuário e quatro satélites. Conhecendo as coordenadas dos satélites num sistema de referência apropriado é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites. Esta situação garante a condição geométrica necessária à navegação em tempo real, permitindo a determinação das coordenadas do local, através da recepção dos sinais por meio de receptores GPS. O rastreamento do quinto satélite é desejável para manter a posição fixa tradicionalmente, caso um dos satélites rastreados saia do campo de abrangência do usuário.

O funcionamento do GPS se baseia no princípio da triangulação, segundo o qual o observador conhece a posição de um conjunto de satélites em relação a um referencial inercial e a sua posição em relação a este conjunto, e obtém sua própria posição no sistema de

referência. O sistema de referência utilizado pelo GPS é o WGS 84 (WGS-72 até 1986 e WGS-84 a partir de 1987). Os satélites são monitorados pelo Departamento de Defesa norte-americano, constantemente, sempre no momento em que passam sobre as estações de monitoramento. Nesta circunstância é medida a altitude, posição e velocidade de cada satélite. As variações de órbita dos satélites são corrigidas neste momento e enviadas para os satélites, sendo que estas informações são denominadas de efemérides e divididas em três grupos, as preditas, transmitidas e precisas.

O desenvolvimento do sistema NAVSTAR-GPS trouxe benefícios para várias áreas, dentre as quais se destaca a Geodésia, que passou a utilizar tal sistema em substituição a outras técnicas convencionais de posicionamento, incorporando aos seus serviços maior agilidade, rapidez, confiabilidade e economia. Este sistema tem sido o mais utilizado pela sua confiabilidade e disponibilidade, recebendo constante manutenção, garantindo pelo menos cinco satélites ao longo do dia. O sistema GPS é composto por três segmentos, Espacial, Controle e Usuário.

2.4.1 Segmentos do sistema GPS

O sistema GPS pode ser dividido em três segmentos distintos, o espacial, de controle e de usuários, os quais apresentam características específicas que serão abordadas a seguir.

2.4.1.1 Segmento espacial

O segmento espacial é composto por uma constelação de 31 satélites, orbitando a uma altitude aproximada de 20200 km da superfície terrestre (El-RABBANY, 2002), distribuídos em seis planos orbitais, igualmente espaçados em 60° em longitude. Cada órbita tem inclinação de 55° em relação ao plano do Equador e o período orbital é de aproximadamente 12 horas siderais (~11 horas e 58 minutos). Dessa forma, a posição dos satélites se repete, a cada dia, 4 minutos antes que a do dia anterior. Essa configuração garante que, no mínimo, quatro satélites GPS sejam visíveis em qualquer local da superfície terrestre,

a qualquer hora. A função do segmento espacial é gerar e transmitir os sinais GPS (códigos, portadoras e mensagens de navegação).

Cada satélite GPS transmite duas ondas portadoras na banda L do espectro, que permitem operações em quaisquer condições de tempo, denominadas de L_1 e L_2 . Elas são geradas através da multiplicação eletrônica da frequência fundamental (f_0) de 10,23 MHz que é produzida por osciladores altamente estáveis (relógios atômicos de césio e rubídio), com estabilidade entre 10^{-12} e 10^{-13} segundos.

Os sinais de rádio transmitidos pelos satélites GPS são extremamente complexos. Esta complexidade foi projetada no sistema para proporcionar versatilidade no GPS. Os sinais GPS devem fornecer meios para determinar não somente posições acuradas em tempo real, mas também de velocidades. Isto é possível modulando a portadora com códigos pseudo-aleatórios (PRN - *pseudorandom noise codes*) (LANGLEY, 1998).

A figura 9 mostra, de forma simplificada, como são obtidos os sinais emitidos pelos satélites GPS e os códigos modulados (C/A e P) nas portadoras L_1 e L_2 .

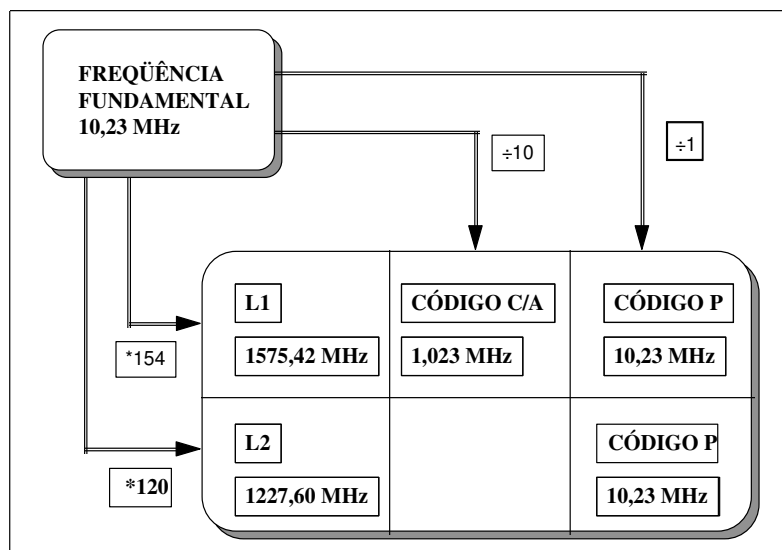


Fig. 12 – Estrutura básica dos sinais GPS.

Fonte: Adaptada de Monico (2000).

As portadoras L_1 e L_2 têm suas frequências derivadas pela multiplicação da frequência fundamental por 154 e 120, respectivamente, ou seja:

$$f_1 = 154 \times f_0 = 1575,4 \text{ MHz}, \quad (81)$$

e

$$f_2 = 120 \times f_0 = 1227,60 \text{ MHz}, \quad (82)$$

Cujos comprimentos de onda são, respectivamente:

$$\lambda_1 \cong 19,03 \text{ cm e } \lambda_2 \cong 24,42 \text{ cm.}$$

A portadora L_1 é modulada em fase com os dois códigos (C/A e P) e com as mensagens de navegação. Já a portadora L_2 é modulada apenas pelo código P, juntamente com as mensagens de navegação.

A taxa do chip (*chipping rate*) do código C/A ($f_{C/A} = 1,023 \text{ MHz}$) corresponde a 10% da frequência fundamental, e a do código P ($f_P = 10,23 \text{ MHz}$) é coincidente com o valor da frequência fundamental. Logo, para os códigos C/A e P, se obtém, respectivamente, os comprimentos do chip (*chipping length*) da ordem de 293,1 m e 29,31 m.

Os dados de navegação GPS são denominados de almanaque, o qual proporciona as informações necessárias para calcular as posições aproximadas dos satélites, mesmo aqueles que não estão sendo rastreados. Essas informações são acessadas via sinais dos satélites GPS, contidos nas efemérides transmitidas (Broadcast Ephemerides). Para aumentar a precisão das coordenadas é necessário utilizar as efemérides precisas, realizando tal consulta através da internet, sendo que as mesmas são produzidas por diversos centros de análises que compõe o IGS (International GNSS Service). Existem ainda as efemérides preditas que fornecem a provável trajetória dos satélites durante um período de tempo.

Atualmente a estrutura do sinal transmitido pelos satélites GPS está sendo modernizada com a inclusão dos sinais L2C e L5. O sinal L2C é um sinal de uso civil que será transmitido com a portadora L2 e tem a função de reduzir os erros devido à ionosfera, melhorando a precisão, entre outras vantagens. Este sinal está sendo implantado nos satélites do bloco IIR-M. A L5 é a nova portadora, a qual permitirá adquirir os sinais GPS com maior facilidade, pois aumentará a potência de transmissão do sinal.

2.4.1.2 Segmento de Controle

O segmento de controle é responsável pela operação do Sistema GPS. Suas funções são monitorar e controlar continuamente o sistema de satélites, determinar o sistema de tempo GPS, prever as efemérides dos satélites, calcular as correções dos relógios dos satélites e atualizar periodicamente as mensagens de navegação de cada satélite. Este segmento é constituído por cinco estações de monitoramento que pertencem à AAF

(Americam Air Force), estrategicamente posicionadas pelo mundo, localizadas em Ascencion Island, Colorado Springs, Diego Garcia, Kwajalei e Hawaii, que rastreiam ininterruptamente todos os satélites visíveis pelo campo da antena da estação. Completam o sistema mais sete estações do NIMA (National Imagery and Mapping Agency).

Os dados rastreados pelas Monitoring Stations (MS) são transmitidos para a Master Control Station (MCS) em Colorado Springs, nos Estados Unidos para serem processados, com o objetivo de calcular os dados relativos às órbitas (efemérides) e a correção dos relógios dos satélites para atualizar a mensagem de navegação. A nova mensagem de navegação é transmitida para os satélites pelas Ground Antenas (GD), quando os satélites passam no seu campo de visada. Devido à posição geográfica das GA, a mensagem de cada satélite é atualizada pelo menos três vezes ao dia.

2.4.1.3 Segmento de usuários

O segmento de usuários refere-se a tudo que se relaciona com a comunidade usuária para determinação de posição, velocidade e tempo através dos receptores de sinal GPS. Os receptores GPS são constituídos, principalmente, de uma antena com pré-amplificador, seção de RF (radiofrequência) para identificação e processamento do sinal, microprocessador para controle do receptor, amostragem e processamento dos dados, oscilador, interface para o usuário, painel de exibição e comandos, provisão de energia e memória para armazenar os dados. A comunidade de usuários pode ser dividida em civil e militar.

Os militares utilizam esta tecnologia para estimar suas posições e deslocamentos quando realizam manobras de combate e de treinamento, como também para navegação de mísseis e monitoramento da frota de veículos terrestres, aéreos e marítimos de combate e apoio, entre outras aplicações. No segmento civil os receptores GPS são utilizados na navegação marítima, terrestre, aérea, espacial, no estabelecimento de redes nacionais e regionais de apoio geodésico, aplicações em geodinâmica para detecção de movimentos da crosta terrestre, fotogrametria sem necessidade de pontos de controle de terreno, levantamentos topográficos para aplicações diversas, gerenciamento de rotas de transporte, estações geodésicas ativas e coleta de dados para o Sistema de Informações Geográficas (SIG) entre outras atividades.

2.4.2 Observáveis GPS

As observáveis GPS são os parâmetros que permitem determinar posição, velocidade e tempo. Os tipos de observações fornecidas por receptores GPS dependem das diferentes técnicas usadas nestes. Os receptores de simples frequência podem fornecer observações somente na portadora L_1 , enquanto alguns receptores semi-*codeless* ou *codeless* podem fornecer observações nas portadoras L_1 e L_2 . Em todo caso, podem ser identificados quatro tipos básicos de observáveis que permitem determinar posição, velocidade e tempo (SEEBER, 1993):

- medidas de pseudodistâncias a partir do código;
- diferenças de pseudodistâncias a partir da contagem integrada Doppler;
- fase da onda portadora ou diferença da fase da onda portadora; e
- diferenças do tempo de viagem do sinal a partir das medições interferométricas.

Destes quatro tipos de observáveis GPS, duas são mais importantes e utilizadas em posicionamento e podem ser identificados da seguinte forma (Seeber, 1993; Langley, 1996a):

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

2.4.2.1 Pseudodistância

Esta distância é denominada pseudodistância devido ao não-sincronismo entre os relógios (osciladores) responsáveis pela geração do código no satélite e sua réplica no receptor.

A pseudodistância representa a distância medida entre o satélite e a antena receptora, e pode ser obtida através dos códigos C/A sobre a portadora L_1 e/ou com o código P sobre as portadoras L_1 e L_2 (LEICK, 1995). 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 e no receptor. 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 ligando o satélite ao receptor. O tempo de propagação do sinal corresponde ao tempo de deslocamento necessário para a máxima correlação da seqüência 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. A figura 11 mostra o princípio da medida de pseudodistância.

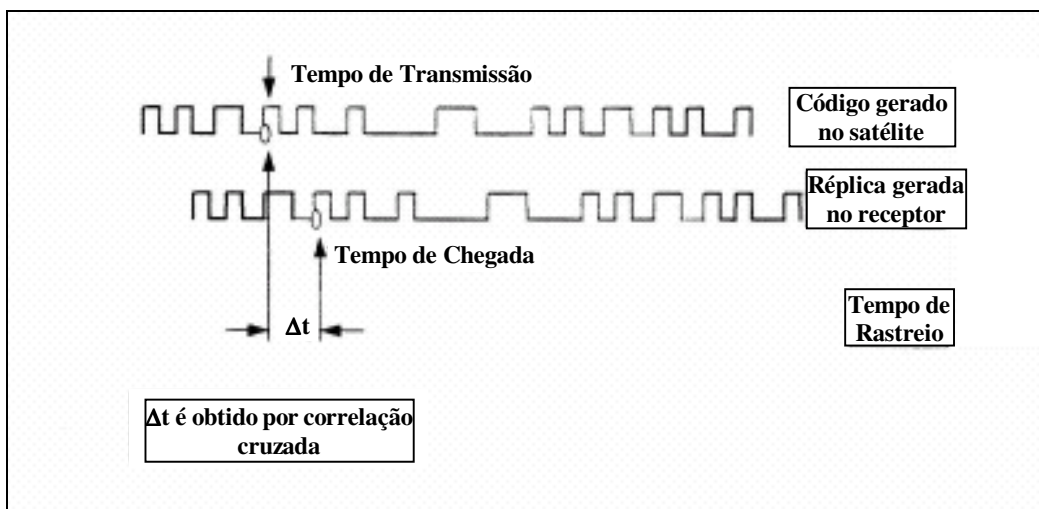


Fig. 13 – Princípio da medida de pseudodistância.

Fonte: Adaptada de Monico (2000).

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 disto, a propagação do sinal através da troposfera e da ionosfera e outros efeitos afetam diretamente a medida da pseudodistância.

A fase da onda portadora é uma observável muito mais precisa que a pseudodistância, e trata-se da observável básica para a maioria das atividades geodésicas (MONICO, 2000). A medida da fase da portadora é obtida pela diferença entre a fase do sinal recebida do satélite (φ^s) e sua réplica gerada pelo receptor (φ_r). Na primeira medida a observável é a parte fracional de um ciclo.

Assim, não se conhece na primeira época de observação, o número inteiro de ciclos entre o satélite (s) e a antena receptora (r), denominado de ambigüidade (N_r^s). A partir da primeira época, 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. Assim, num dado instante, a fase instantânea acumulada é a soma da medida fracionária da fase para este instante em adição com um determinado número de ciclos inteiros contados até então (LEICK, 1995).

A fase observada (ϕ_r^s) no instante de recepção, na escala de tempo do receptor, em unidades de ciclos, é dada por (LEICK, 1995; MONICO, 2000):

$$\phi_r^s = \phi^s - \phi_r + N_r^s + \varepsilon_{\phi_r^s}, \quad (83)$$

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 ambigüidade da fase; e

ε_{ϕ} : representa os erros aleatórios (ruídos da observação) e demais erros sistemáticos na medida de fase da onda portadora

Ambas portadoras, L_1 e L_2 , carregam a mensagem de navegação, que consiste de uma seqüência de dados transmitidos a 50 bps destinados a informar aos usuários sobre a saúde e a posição dos satélites. Cada mensagem de navegação é dividida em cinco partes, compostas da seguinte forma:

- Parte 1: Com duração de seis segundos, fornece os parâmetros de correção do relógio do satélite que está transmitindo;

- Parte 2 e 3: Com duração de doze segundos, carrega as efemérides do satélite que está transmitindo (efemérides preditas e transmitidas) com os elementos keplerianos e suas correções;

- Parte 4: Com duração de seis segundos, fornece os coeficientes do modelo para correção do retardo da ionosfera e os coeficientes de conversão do GPST em UTC;

- Parte 5: Com duração de seis segundos, traz o almanaque dos satélites de 1 a 24, seu estado operacional e as correções dos relógios. O almanaque é um arquivo com as efemérides aproximadas de todos os satélites.

2.4.3 Erros envolvidos nas observáveis GPS

As observáveis GPS estão sujeitas aos erros aleatórios, sistemáticos e grosseiros, sendo necessário conhecê-los para minimizar os seus efeitos. As fontes de erro consideradas são os satélites, a propagação do sinal, receptor/antena e a própria estação (Monico, 1995). A Tabela 5 apresenta os principais erros envolvidos no sistema NAVSTAR-GPS.

Tab.5 – Fontes de erros presentes no sistema NAVSTAR-GPS.

Fontes de erro	Erros	Magnitudes
Satélite	Órbita	2 m
	Relógio	2 m
	Atraso no hardware	
	Antena	cm
	Relatividade <i>Phase wind-up</i>	
Atmosfera	Ionosfera	2 – 10 m no zênite
	Troposfera	2,3 – 2,5 m no zênite
Local	Perdas de ciclo	20 cm ou mais
	Multicaminho	Código: m Fase: cm
	Carga hidráulica	mm a cm
Estação	Rotação da Terra (<i>Sagnac</i>)	m
	Movimento da crosta	cm
	Marés terrestres	
	Movimento do pólo	
	Carga dos oceanos	
	Pressão da atmosfera	

Antena	Centro de fase Variação do centro de fase	mm – cm
Receptor	Erro do relógio Atraso no hardware Ruídos	m dm – m Código: 0,25 – 0,5 m Fase: 1 – 2 mm

Fonte: Adaptado de Seeber (2003).

2.4.3.1 Principais erros relacionados com os satélites

2.4.3.1.1 Erros orbitais

As informações orbitais podem ser obtidas a partir das efemérides transmitidas pelos satélites ou das pós-processadas, denominadas efemérides precisas. As coordenadas dos satélites calculadas a partir das efemérides transmitidas podem conter erros, pois a órbita do satélite varia e tal correção só é feita no momento em que o satélite está no campo de visão das estações. Desta forma, é necessário corrigir a posição anteriormente calculada por meio das efemérides transmitidas através das efemérides precisas. As efemérides precisas apresentam os valores das coordenadas do satélite para determinado instante, não necessitando nenhum modelo para calculá-las, apenas para fins de interpolação adota-se algum algoritmo. Geralmente estas órbitas são produzidas por diversos CIOs (Centro Integrador de Órbitas), e um deles é o IGS. Kouba (2003) apresenta um estudo comparativo da qualidade dessas efemérides.

Qualquer erro nas coordenadas dos satélites se propagará para a posição do usuário (MONICO, 2005). Uma alternativa para minimizar estes erros são as órbitas precisas fornecidas pelo IGS (International GNSS Service) que também fornece o erro do relógio de cada satélite.

2.4.3.1.2 Erros no relógio do satélite

Embora altamente precisos, os relógios atômicos a bordo dos satélites não acompanham o sistema de tempo GPS. A diferença chega a ser, no máximo, de 1 milissegundo (Wells et al., 1986). Os relógios são monitorados pelo segmento de controle e o valor pelo qual eles diferem do tempo GPS faz parte da mensagem de navegação.

Desta forma, o sincronismo de todos os módulos relacionados à geração dos sinais GPS no satélite é dado por um padrão de tempo atômico. Geralmente cada satélite carrega a bordo um par de relógios de césio e mais um par de rubídio, enquanto que os receptores GPS têm um relógio de quartzo. Apesar dos relógios serem considerados de alta estabilidade, comparados aos padrões que mantêm o tempo GPS, apresentam uma diferença em relação a este. Uma das maneiras para minimizar o erro do relógio do satélite é adotar este modelo ou aplicar as correções determinadas pelo IGS e divulgadas nas efemérides precisas. Outra maneira de tratar o efeito é realizar as duplas diferenças que eliminam em grande parte os efeitos deste erro.

2.4.3.1.3 Relatividade

Os efeitos da relatividade no GPS não são restritos somente aos satélites (órbitas e relógios), mas também à propagação do sinal e aos relógios dos receptores. Os relógios dos receptores nas estações terrestres e a bordo dos satélites estão situados em campos gravitacionais diferentes, além de se deslocarem com velocidades diferentes. Isso provoca uma aparente alteração na frequência dos relógios de bordo com relação aos terrestres.

2.4.3.2. Principais erros relacionados com a propagação do sinal

2.4.3.2.1 Refração troposférica

A refração troposférica independe da frequência dos sinais GPS, pois a troposfera comporta-se como um meio não dispersivo para frequências abaixo de 30 GHz (LEICK, 1995). A troposfera se estende da superfície terrestre até aproximadamente 50 km e a refração troposférica é uma função da temperatura, pressão do ar e pressão do vapor d'água. A magnitude deste efeito está altamente correlacionada com o ângulo de elevação do satélite, sendo maior quanto menor for o ângulo de elevação. Sem a compensação adequada, o atraso troposférico pode provocar um erro nas observáveis GPS de aproximadamente 2 metros para um satélite no zênite e maior que 20 metros para satélites com baixos ângulos de elevação (LIAO, 2000). A refração resulta de uma contribuição de, aproximadamente, 90% devido à componente seca e de 10% devido a componente úmida (LEICK, 1995; MONICO, 2000). A minimização do efeito da refração troposférica é feita por meio de técnicas de processamento, ou por meio de modelos, como por exemplo, o de Hopfield (SEEBER, 2003) e o de Saastamoinen (SAASTAMOINEN, 1973).

2.4.3.2.2. Refração ionosférica

O erro devido à ionosfera nas observáveis GPS é a maior fonte de erro após a desativação da SA. A magnitude do erro ionosférico depende do índice de refração ionosférico e da frequência do sinal emitido, e pode tornar-se três vezes maior à medida em que o satélite aproxima-se do horizonte. O efeito da refração é proporcional ao TEC (Total Electron Contents – Conteúdo Total de Eletros), ou seja, o número de elétrons livres presentes no caminho de propagação do sinal GPS provocam um atraso na modulação do código e um avanço de igual magnitude na fase. De um modo geral este efeito pode ser minimizado a partir de dados obtidos com receptores GPS de dupla frequência ou por meio de modelos ionosféricos.

2.4.4 Erros locais

2.4.4.1 Multicaminhamento ou sinais refletidos (multipath)

O multicaminhamento ocorre quando a antena do receptor recebe, além do sinal direto do satélite, sinais que foram refletidos por objetos localizados nas proximidades da antena. Sendo assim, a ocorrência desse efeito depende do local onde a antena do receptor está instalada. Sinais com frequências distintas são afetados diferentemente pelo multicaminho. Vários procedimentos podem ser tomados para a redução de multicaminho, como por exemplo, evitar a presença de superfícies refletoras nas proximidades das antenas receptoras, utilizar antenas apropriadas (ex: *choke ring*), desconsiderar observações de satélites com ângulo de elevação muito baixo.

O efeito do multicaminho sobre as medidas de pseudodistância é várias vezes maior do que para as medidas de fase (MONICO, 2000). Vários estudos foram realizados com relação ao multicaminho na fase da onda portadora, onde se concluiu que (LEICK, 1995):

- O erro máximo é de aproximadamente $1/4$ do comprimento de onda;
- A frequência do multicaminho é função do ângulo de elevação do satélite;
- É proporcional à distância perpendicular entre a antena e a superfície refletora e inversamente proporcional ao comprimento de onda do sinal.

2.4.4.2 Perdas de ciclo

Quando um receptor é ligado, a parte fracionária da fase de batimento da onda portadora, isto é, a diferença entre a portadora recebida do satélite e a sua réplica gerada no receptor, é observada, e um contador de ciclos inteiros é inicializado.

Quando o sinal de um ou mais satélites rastreados pelo receptor for interrompido, ocorre uma perda da contagem acumulada dos ciclos inteiros da fase, sendo que o número de ciclos inteiros é denominado ambigüidade. Essa perda de contagem dos ciclos é conhecida como perda de ciclo, perda de sinal ou, ainda, corrupção da fase.

A consequência de uma perda de ciclo é a introdução de um salto com magnitude de um número inteiro de ciclos nas observações realizadas, sendo que a parte fracionária da medida de fase da onda portadora não é afetada. A perda de ciclos pode ocorrer de uma época para outra, ou durante um intervalo de várias épocas. Durante o rastreamento de sinais GPS, podem ocorrer várias perdas de ciclos, sendo que o número de ciclos pode variar

de um a milhões de ciclos (LEICK, 1995). No caso da detecção de perdas de ciclos, podem-se corrigir as observações somando-se o número de ciclos que provocou o salto nas observações afetadas, ou ainda desconsiderar os dados ou adicionar novas ambigüidades como incógnitas no modelo.

2.4.5 Principais erros relacionados com o receptor e a antena

2.4.5.1 Erro do relógio

Os receptores GPS são normalmente equipados com osciladores de quartzo, os quais possuem boa estabilidade interna e são de custo relativamente baixo. Cada receptor possui a sua própria escala de tempo, definida pelo seu oscilador interno, a qual difere da escala de tempo GPS. Alguns receptores possuem osciladores altamente estáveis, podendo também aceitar padrões externos de tempo. No entanto, são equipamentos de custo elevado, normalmente utilizados em redes de alta precisão.

De qualquer forma, no posicionamento relativo, os erros dos relógios são praticamente eliminados, não exigindo, para a maioria das aplicações, padrões de tempo altamente estáveis. No entanto, um fator importante diz respeito à simultaneidade das observações no posicionamento relativo. Nesse caso, para se obter resultados de alta precisão, o erro do relógio de cada receptor envolvido no posicionamento deve ser conhecido no nível 10^{-6} do segundo em relação ao tempo GPS, isto é, 1 milissegundo (Leick, 1995).

2.4.5.2 Centro de fase da antena

O centro de fase eletrônico da antena é o ponto no qual as medidas dos sinais são referenciadas, e geralmente não coincide com o centro geométrico da antena. A discrepância varia com a intensidade e direção dos sinais, e é diferente para a portadora L1 e L2. Para levantamentos de alta precisão, todas as antenas envolvidas no projeto devem ser calibradas, visando corrigir as observações desse efeito. Antenas de mesmo fabricante e

modelos iguais não devem apresentar maiores problemas, pois as discrepâncias devem ser praticamente iguais. Basta que todas antenas sejam orientadas numa mesma direção – por exemplo, a direção do norte magnético, por ser de mais fácil obtenção (bússola). Nessas condições, ao realizar a diferenciação das observáveis, os efeitos são cancelados (Seeber, 1993).

As antenas em uso para fins geodésicos são calibradas com respeito à antena Dorne Margolin (De Jonge, 1998). A calibração tem sido realizada pelo NGS. Além da variação do centro de fase da antena com respeito ao ângulo de elevação, as tabelas de correções apresentam deslocamentos (offsets) do centro médio de fase das duas frequências com respeito ao ponto de referência da antena (ARP – Antenna Reference Point).

3. METODOLOGIA DO LEVANTAMENTO GEORREFERENCIADO

3.1 Caracterização da área de estudo

A área em estudo está localizada no Município de Tavares/RS, na localidade de Capão Comprido, distante do centro de Porto Alegre em torno de 250 km. O imóvel está situado numa região plana, sem vegetação densa, com solo arenoso e argiloso, ventos constantes e faz divisa com a faixa de domínio da BR 101 – Sul, km 315, com o Terreno de Marinha na Laguna dos Patos e com outros dois imóveis. A área encontra-se demarcada e cercada por alambrado com oito cordas de arame liso e mourões a cada dez metros de distância, estrada interna que facilita o deslocamento até os vértices que delimitam o imóvel e alojamentos para acomodar a equipe de campo.

Não há conflitos com os vizinhos em relação às divisas comuns entre os imóveis, como também a documentação apresentada está regularizada, faltando somente à averbação na matrícula do imóvel da Certificação emitida pelo INCRA como imóvel georreferenciado.

3.2 Análise da documentação do imóvel

A primeira etapa do levantamento georreferenciado consiste na análise da documentação do imóvel, especialmente a descrição imobiliária do Registro de Imóveis e a documentação técnica existente no INCRA. Nesta etapa é necessário requerer ao cliente ou ao Registro de Imóveis, da comarca do imóvel, uma matrícula atualizada do imóvel, pois, o documento a ser analisado deve estar atualizado para que não ocorrem erros na sua interpretação e formulação do orçamento.

A matrícula do imóvel é o documento que garante a propriedade do imóvel ao proprietário, do qual consta a descrição perimétrica do imóvel e todos os atos praticados com o imóvel, como alienação, penhora, financiamento, arrematação, desapropriação, desmembramento e remembramento entre outras circunstâncias, sendo que cada matrícula recebe uma numeração única dentro da comarca a qual pertence o imóvel. A matrícula atualizada é emitida pelo Registro de Imóveis, fornecendo o nome do proprietário do imóvel ou o número da matrícula e é disponibilizada em torno de cinco dias úteis. É necessário pagar uma taxa para a emissão dessa matrícula, que depende do número de folhas que compõe as descrições do imóvel.

Conforme a situação do imóvel descrito na matrícula, é necessário executar alguns serviços preliminares. Se o imóvel faz parte de um todo maior, será necessário desmembrá-lo para individualizar a fração de terras e depois executar o levantamento georreferenciado, ou ainda, executar o levantamento georreferenciado de todo o imóvel, desde que os outros proprietários concordem e assinem o contrato. Se o imóvel está em condomínio com outros proprietários, é necessário efetuar a extinção do condomínio, individualizando o imóvel que será levantado.

É necessário ainda verificar a situação desse imóvel no INCRA, se já foi cadastrado, se possui o código do imóvel rural, forma pela qual o imóvel é identificado no INCRA, ou seja, se possui o CCIR – Certificado de Cadastro de Imóvel Rural. Caso não possua, é necessário efetuar o cadastramento do imóvel. Para efetuar o cadastramento o responsável técnico precisa de uma procuração com firma reconhecida do proprietário do imóvel, cópia da carteira de identidade do proprietário e da sua, matrícula atualizada e preencher as informações solicitadas pelo INCRA através de três formulários, conforme o tamanho do imóvel. Os formulários se referem aos dados sobre a estrutura, dados pessoais e de relacionamentos e dados sobre uso.

Portanto, é fundamental verificar a situação do imóvel, identificando as suas particularidades e determinando quais atividades serão necessárias para a sua regularização.

3.3 Reconhecimento do imóvel

A partir da leitura da matrícula atualizada do imóvel já é possível traçar um croqui com suas informações, sendo necessário à verificação em campo dessas características.

Então, de posse do croqui, será percorrido todo o perímetro do imóvel, verificando a sua descrição, a quantidade e os tipos de marcos, a dificuldade de acesso aos vértices que delimitam o imóvel, como também as áreas de preservação permanente, estradas de acesso, rios, acidentes geográficos e áreas de domínio público.

A visita ao local do levantamento também tem o objetivo de verificar a infraestrutura disponível, como alojamentos, disponibilidade de refeições, tempos de deslocamento entre a cidade mais próxima e o local de trabalho, condições climáticas da região, mão de obra disponível e condições de segurança.

Após a análise da documentação e a visita ao imóvel, defini-se a quantidade de marcos e a sua codificação, sendo necessário encomenda-los ao fabricante. Os marcos utilizados serão de ferro, pois são mais leves do que os de concreto e rocha, facilitando o seu transporte e diminuindo o tempo de execução do serviço. Defini-se também quais equipamentos serão utilizados, o tamanho da equipe de campo, o percurso que será adotado no levantamento e principalmente o tempo necessário para a execução do levantamento de campo.

A partir desses dados é calculado o custo do levantamento e é efetuado o orçamento que será enviado ao cliente.

3.4 Determinação dos vértices

O imóvel pode apresentar quatro tipos de vértices, sendo considerado um vértice todo local onde a linha limítrofe do imóvel muda de direção ou onde existe interseção desta linha com qualquer outra linha limítrofe de imóveis ou servidões de passagem.

Os vértices podem ser representados de quatro formas distintas:

- a) Tipo M (ocupado e materializado)
- b) Tipo P (ocupado, mas não materializado)
- c) Tipo V (nem ocupado nem materializado)

d) Tipo O (paralelo a eixo levantado)

Os vértices tipo M são aqueles cujas coordenadas são obtidas a partir da sua ocupação física, sendo necessariamente materializados a fim de preservar a identificação e localização do limite do imóvel. São os vértices que definem o perímetro do imóvel, que separam imóveis de confrontantes diferentes na mesma linha divisória, no início e no fim de do caminamento nas faixas de domínio público e nas margens dos rios entre outros casos.

Os vértices tipo P são aqueles cujas coordenadas são obtidas a partir da sua ocupação física, mas sem a materialização do ponto, e estão localizados na divisa do imóvel, ao longo de acidentes físicos ou geográficos, tais como cursos e lâminas de água, estradas de rodagem, estradas de ferro, linhas de transmissão, oleoduto e gasoduto entre outros.

Os vértices tipo V não são nem materializados nem ocupados, devido ao difícil acesso a este ponto, como encostas, vales, picos, banhados, açudes e outros acidentes geográficos. Podem ser determinados por meio analítico, traçando uma reta entre dois vértices conhecidos até a interseção com a outra linha conhecida, determinando o vértice virtual como o ponto de interseção entre as divisas conhecidas. Outro tipo de vértice virtual é o vértice determinado no interior do perímetro do imóvel, a partir das informações constantes nas matrículas que compõe o imóvel, ou seja, quando o imóvel é formado por mais de uma matrícula, sendo a representação dessas matrículas obrigatórias no mapa do imóvel.

Os vértices tipo O também são determinados de forma analítica, nos locais onde a ocupação limítrofe do imóvel se torna difícil ou inviável. A obtenção de suas coordenadas se dá a partir da projeção de linha paralelas ao levantamento efetuado sobre limite que possuem delineamentos sinuosos, tais como estradas, ferrovias, cursos d'água, dentre outros.

No levantamento em questão foram implantados quatro vértices do tipo M, já que o imóvel é formado por quatro pontos, sendo que dois se referem ao início e fim do caminamento em relação à faixa de domínio de estrada de rodagem e os outros dois com o Terreno de Marinha. Nas outras duas divisas do imóvel, sendo o confrontante o mesmo ao longo de toda a divisa, não se coloca marco. Caso fossem diferentes os confrontantes, a cada mudança de confrontante seria materializado um marco e suas coordenadas obtidas.

3.4.1 Codificação dos vértices

Cada vértice receberá uma identificação única, gravado numa placa que será fixada ao vértice. No memorial descritivo do imóvel, seus vértices serão descritos com base nessa identificação. O código de identificação será constituído por oito caracteres, os três primeiros com o código de credenciamento do profissional junto ao INCRA, o quarto caractere com o tipo de marco (M, P, V, O) e os outros quatro com a seqüência numérica dos vértices que formam o imóvel, iniciando em 0001 até 9999. Finalizada a seqüência de números pelo profissional, será adotada uma letra no início, A001 até A999, até alcançar a letra Z, havendo outras seqüências após a finalização desta. As seqüências dos quatro últimos campos serão independentes para cada tipo de marco. Neste levantamento, como foi o primeiro efetuado, adotou-se a seguinte numeração para os vértices:

- 1) Vértice 1, tipo M: DN0 – M – 0001;
- 2) Vértice 2, tipo M: DN0 – M – 0002;
- 3) Vértice 3, tipo M: DN0 – M – 0003;
- 4) Vértice 4, tipo M: DN0 – M – 0004.

3.4.2 Materialização dos vértices

Todo vértice tipo M sendo de limite ou apoio, deve ser materializado e depois ocupado com o receptor de sinais GPS para determinação das coordenadas do referido vértice. A materialização pode ser efetuada através de marcos de concreto, granito, ferro ou de material sintético, conforme determina a 2ª Edição da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais. No levantamento efetuado foi utilizado marco de ferro que apesar de ter valor superior ao de concreto, é mais leve, melhor de enterrar e já vem codificado, diminuindo o tempo gasto em campo.

Dessa forma, analisando o tempo gasto em campo para implantar o marco de ferro, como também a facilidade para transportá-lo, percebe-se que apesar de ser mais caro, apresenta mais vantagens do que o marco de concreto.

Após a vistoria do imóvel, os marcos de ferro são encomendados de uma metalúrgica, galvanizados, com garantia de 60 anos, com a chapa de metal fixada no topo do marco e com a codificação que o profissional solicitou, ou adquiridos em lojas especializadas. Neste caso, foram utilizados cinco marcos, sendo um marco de referência para o transporte das coordenadas para o imóvel, denominado de DN0 - M - BAS01, e os outros marcos do tipo

M, denominados de DN0 – M – 0001, 0002, 0003 até 0004. Basta organizar a seqüência dos marcos e enterra-los nas divisas. O valor de cada marco é de R\$ 33,00 (trinta e três reais).

Os marcos de concreto, que pesam mais do que os de ferro, necessitam ainda da chapa de metal que é comprada separada, numerada pelo profissional e depois fixada ao marco. Existem dois modelos de chapa de metal, uma com furo, que deve ser fixada ao marco, no valor de R\$ 4,85 reais e outra com pino, que deve ser fixada ao marco no ato da concretagem, no valor de R\$ 5,31 reais. O marco varia de 6 a 7 reais a unidade. É necessário ainda o batedor alfa numérico que custa R\$ 65,00 reais, para gravar a codificação na chapa de metal. Cada marco teria o custo médio de R\$ 12,00 reais, sem considerar o batedor alfanumérico, aproximadamente um terço do valor do marco de ferro.

Este processo, apesar de ter um custo menor, demanda mais tempo do profissional, o que pode tornar mais oneroso o orçamento, devido ao tempo gasto na elaboração dos marcos de concreto e depois na sua implantação em campo.

Entretanto, deve-se analisar a quantidade de marcos implantados, a logística em campo, os meios de transportes e a equipe disponível para determinar qual o melhor marco.

3.5 Verificação das faixas de domínio público

O imóvel pode fazer divisa com áreas públicas, sendo necessário delimita-las, se ainda não foram, ou verificar se estão corretas. O imóvel levantado faz divisa com duas áreas de domínio público, que serão descritas a seguir.

3.5.1 Faixa de domínio de estrada de rodagem

O imóvel em questão faz divisa com uma estrada de rodagem federal, a BR 101 – Sul, Km 315. Após a identificação da rodovia e o quilômetro onde se encontram os vértices do imóvel, é necessário verificar a largura da faixa de domínio dessa estrada. Como se trata de uma estrada federal, o órgão competente é o DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, logo, deve-se entrar em contato com este órgão e informar o

nome da rodovia e o quilômetro. Com o uso de uma trena ou estação total, partindo-se do eixo da rodovia, será medida a largura da faixa de domínio da rodovia, materializando o marco nesse limite.

A divisa do imóvel levantado encontrava-se dentro da faixa de domínio, mesmo tendo sido executada pela empresa que venceu a licitação para construir a rodovia. Verifica-se que a demarcação física executada pela empresa não foi correta, logo, é sempre necessário verificar os limites da faixa de domínio e não confiar nas demarcações existentes. Neste caso, a cerca que delimita o imóvel avançou cerca de 50 cm sobre a faixa de domínio, sendo materializado o marco no ponto correto. Os marcos materializados são do tipo M, codificados com DN0 – M – 0001 e DN0 – M – 0002. Como o caminhamento entre os dois marcos é uma reta, não foram medidos outros pontos. Se o caminhamento fosse sinuoso, poderia levantar o eixo da estrada, usando pontos do tipo O, ou obtendo as coordenadas dos pontos de mudança de direção, usando então pontos do tipo P.



Fig. 14 – Materialização de marco tipo M na divisa da faixa de domínio da Rodovia BR 101–Sul e coleta das coordenadas do ponto denominado de DN0 – M – 0002.

Outro exemplo se refere ao imóvel seccionado por uma estrada de rodagem (municipal, estadual ou federal), além de verificar o limite da faixa de domínio da estrada de rodagem, será necessário a apresentação de memoriais descritivos distintos, correspondentes a cada porção do imóvel seccionado, permitindo retratar cada lado da estrada, independentemente da mesma ter sido desapropriada. Adicionalmente deverá ser apresentado

um memorial descritivo para a porção do imóvel ocupada pela estrada, incluindo a sua faixa de domínio. Deverá ser apresentada também uma planta geral do imóvel, retratando todas as porções descritas anteriormente, além do memorial descritivo do imóvel como um todo.

A propriedade imobiliária original (uma matrícula) poderá resultar em dois ou mais imóveis (“n” matrículas), se o seu remanescente constituir áreas seccionadas, sem continuidade territorial, sendo necessário a representação em mapa de todas as frações que formam o imóvel, como também as faixas de domínio das estradas.

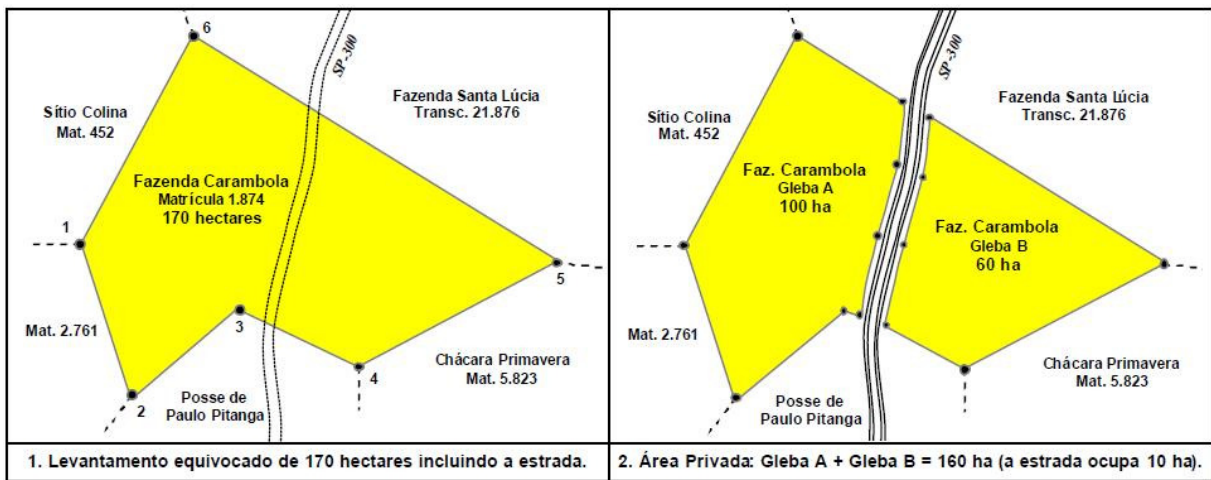


Fig.15- Imóvel seccionado por faixa de domínio de uma estrada de rodagem.

Fonte: Instituto de Registro Imobiliário do Brasil – IRIB.

Estrada, rua, avenida e rodovia são bens de uso comum do povo, portanto, uma modalidade de bem público, inalienável e insuscetível de usucapião. Como não necessita de registro para a constituição de sua natureza pública, mas apenas da destinação, não há como manter tais parcelas no cômputo de áreas privadas, o que resultaria em um aumento artificial da dimensão do imóvel e na total insegurança da publicidade registral.

3.5.2 Terreno de Marinha

Outra divisa com área pública é o Terreno de Marinha, previsto na Constituição Federal, Art.20, VII. Como se trata de uma área pública deve ficar fora do perímetro do imóvel, sendo necessária a sua demarcação ou verificação da divisa, caso exista.

Os terrenos de marinha, também citados por "marinhas", são as áreas situadas na costa marítima, as que contornam as ilhas, as margens dos rios e das lagoas, em faixa de 33 metros, medidos a partir da posição do preamar médio de 1831, desde que nas águas adjacentes se faça sentir a influência de marés com oscilação mínima de cinco centímetros.

São denominados de terrenos "de marinha", devido à proximidade com as águas salgadas, e não "da Marinha", no sentido de pertencerem à Marinha do Brasil, ora Comando da Marinha, Órgão subordinado ao Ministério da Defesa, o qual não exerce controle patrimonial sobre os mesmos, sendo tal tarefa atribuída à Secretaria do Patrimônio da União, SPU, Órgão do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG).

Os terrenos de Marinha sempre tiveram um tratamento diferenciado das demais terras do Estado em face de sua localização estratégica, uma interface com o mar. Resulta na importância desses terrenos para defesa do território, a exemplo do assentamento de fortes, assim como para os serviços públicos em geral, tais como os portos. Por isso, a Ordem Régia de 21-10-1710 já vedava que as terras dadas em sesmarias compreendessem as marinhas, as quais deveriam estar "desimpedidas para qualquer serviço da Coroa e de defesa da terra".

De acordo com Obéde Pereira de Lima, o método para determinar a linha de preamar média de 1831 consiste nas seguintes etapas:

a) O primeiro passo é a obtenção dos dados amostrados da maré durante um período mínimo de um ano comum. A obtenção dos dados amostrados da maré faz-se de duas maneiras: 1) Através de consultas a bancos de dados oceanográficos e instituições que utilizam dados de marés em suas atividades rotineiras; ou 2) Pela instalação e operação de uma estação maregráfica na área de interesse, vinculada à rede altimétrica nacional de alta precisão do IBGE.

b) O segundo passo consiste na execução das atividades geodésicas para a localização planimétrica e altimétrica de pontos da linha de costa e dos respectivos perfis transversais da praia na área de estudo, sobre os quais será localizada a linha da preamar média calculada pela sua respectiva cota básica.

c) O terceiro passo é a realização das atividades de gabinete, utilizando-se das ferramentas da Informática no processamento dos dados amostrados de marés, efetuando-se a análise harmônica e a retrovisão da preamar média para o período desejado (ano de 1831). Prossegue na determinação da cota básica, pela comparação entre o datum altimétrico oficial e a altura da preamar média/1831 processada para o local.

d) Uma quarta atividade é a realizada em trabalho topográfico no campo, quando se executa, a localização geodésica da LPM/1831 e da correspondente "Linha Limite dos Terrenos de Marinha - LLM".

e) Por fim, a quinta e última atividade desenvolve-se na representação cartográfica cadastral da área levantada, envolvendo as parcelas, urbanas ou rurais, afetadas pela localização das LPM/1831 e LLM.

Diante do elevado custo financeiro, do período de tempo necessário, e da complexidade na determinação da preamar média de 1831, o método acima deve ser utilizado em questões mais complexas, que tenha como partes os Municípios, Estados, a União e a população de grandes frações do território nacional. Um exemplo da aplicação desse método se dá no caso do Estado de Pernambuco, na cidade de Recife, em relação à cobrança de impostos por parte da União, devido à ocupação do Terreno de Marinha por parte da população.

O imóvel levantado apresenta somente 80m de frente para o Terreno de Marinha; logo, aplicar o método descrito anteriormente inviabilizaria o levantamento de todo o imóvel, visto que a determinação da preamar média de 1831 teria um custo muitas vezes superior ao do levantamento do perímetro do imóvel. Partindo deste aspecto, adota-se um método prático para determinação do Terreno de Marinha, que consiste em medir os 33m após a faixa de praia, ou seja, a partir de barreiras naturais que se encontram no local, como uma encosta, por exemplo.

O método acima está correto e pode ser comprovado com base no estudo feito pelo Prof. Dr. Obéde Pereira de Lima, que escreveu o seguinte: “O estirâncio é a faixa da praia onde o mar exerce a sua atividade cotidiana, e a zona frontal é a ante-praia, onde se faz sentir, de algum modo, a ação morfológica do mar. É ao longo da extensão do estirâncio e da zona frontal, portanto, que se pode projetar a localização geodésica da LPM/1831. Assim sendo, um perfil transversal de praia com a finalidade de identificar e caracterizar os elementos da geomorfologia litorânea, com vistas à localização geodésica da LPM/1831 deve ficar compreendido entre a zona frontal e a linha limite de ação das vagas, que é a linha de costa”.

A diferença final entre o método adotado neste levantamento e o descrito pelo Prof. Dr. Obéde Pereira de Lima será a precisão, optando pela utilização de um ou de outro método conforme o trabalho que será desenvolvido.



Fig. 16 – Materialização de marco tipo M na divisa com o Terreno de Marinha.

3.5.3 Curso d`água

O limite nos imóveis definidos por cursos d`água será determinado pela margem do respectivo curso d`água, independentemente de ser navegável ou não, exceto se estabelecido de forma contrária pela sua matrícula ou transcrição.

A abordagem acima se refere à Norma Técnica para Georreferenciamento de imóveis Rurais, 2ª. Edição, adotada pelo INCRA para analisar as peças técnicas elaboradas

pelo profissional credenciado, entretanto, o entendimento do Instituto de Registro Imobiliário do Brasil (IRIB) é outro.

Conforme o IRIB os cursos d'água podem ser públicos ou particulares, resultando em abordagens diferentes durante a execução do levantamento georreferenciado. Rios públicos são os navegáveis; particulares, os não navegáveis. Sendo assim, caso o imóvel esteja seccionado por um rio navegável, o levantamento técnico deverá excluir essa área pública por completo do cômputo da área particular. Os cursos d'água não navegáveis (córregos, riachos, arroios) são privados, logo, integrantes da propriedade imobiliária particular. Portanto esse tipo de rio não é considerado um imóvel autônomo, mas um mero acidente natural integrante do imóvel privado. Por não ser imóvel autônomo, também não pode ser considerado confrontação de imóveis, sendo no máximo a linha indicadora das divisas entre dois outros imóveis.

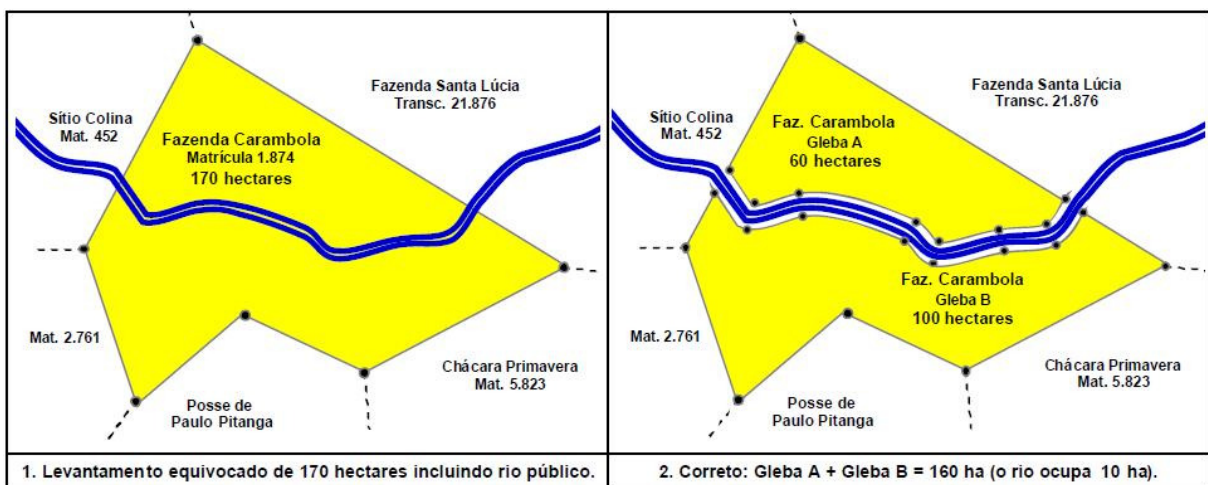


Fig.17- Imóvel seccionado por rio público, levantamento de duas glebas.
Fonte: Instituto de Registro Imobiliário do Brasil – IRIB.

Se o rio for navegável, imóvel público, portanto, não haverá confrontação entre os dois imóveis particulares, haja vista a existência do rio, que passa a ser o verdadeiro confrontante desses imóveis particulares. A situação acima descrita pode ser compreendida através da figura 18.

Havendo um curso d'água atravessando o imóvel ou servindo de delimitador, o responsável técnico primeiramente deverá analisar se o referido rio é ou não navegável, para depois definir a forma do levantamento e as confrontações existentes.

1. Rio não navegável:

a) Sendo o rio privado, trata-se de mero acidente geográfico incluso nos imóveis pelos quais o rio passa; neste caso, o curso d'água não secciona juridicamente a propriedade privada, pois é dela integrante;

b) Estando entre dois imóveis, trata-se de mero indicador das divisas e não um confrontante autônomo; Neste caso, deve-se obter a anuência do titular do outro imóvel, no caso de retificação de medidas perimetrais que resulte em mudança de área do imóvel.

2. Rio navegável:

a) Rio navegável é bem público, portanto a divisão do imóvel por ele seccionado é essencial. O trabalho deve ser feito numa única planta, pois a retificação refere-se ainda a uma única matrícula. Basta a planta trazer as linhas perimetrais, marcos e medidas das duas ou mais glebas resultantes, excluindo totalmente da contagem de sua superfície o espaço ocupado pelo bem público, ou seja, rio navegável e suas margens.

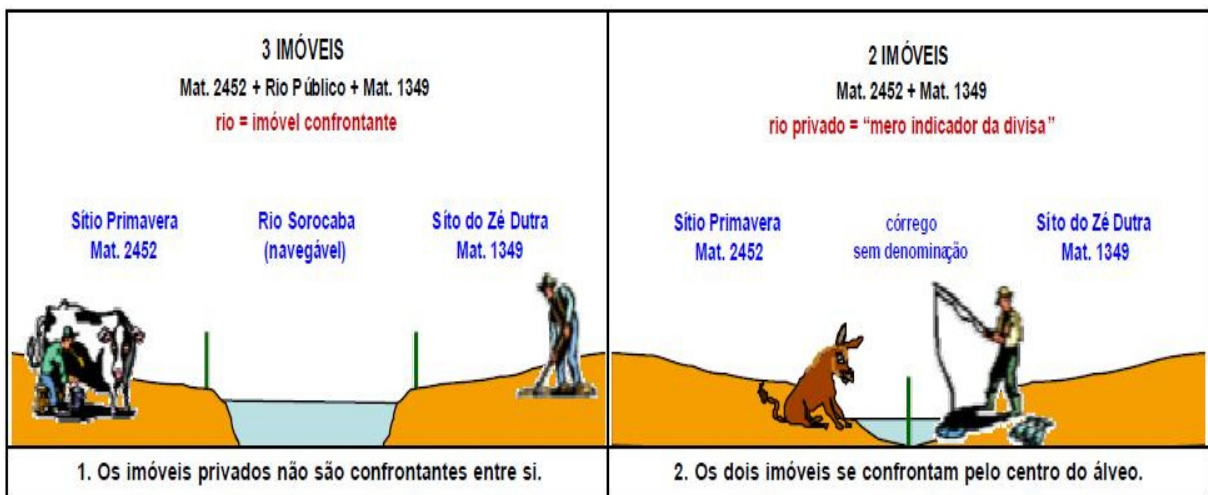


Fig.18- Imóveis seccionados por rio público e imóveis com divisa delimitada por rio.

Fonte: Instituto de Registro Imobiliário do Brasil - IRIB

De acordo com o Código de Águas, Decreto n.º. 24.643/34, as margens dos rios são definidas da seguinte forma:

a) Art. 13 - Constituem terrenos de marinha todos os que, banhados pelas águas do mar ou dos rios navegáveis, vão até 33 metros para a parte da terra, contados desde o ponto a que chega a preamar média. Este ponto refere-se ao estado do lugar no tempo da execução do artigo 51, parágrafo 14, da Lei de 15 de novembro de 1831.

b) Art. 14 - Os terrenos reservados são os que, banhados pelas correntes navegáveis, fora do alcance das marés, vão até à distância de 15 metros para a parte da terra, contados desde o ponto médio das enchentes ordinárias.

Portanto, se o rio for público e sofrer influência das marés, o profissional deverá retirar a faixa de 33m de cada margem do rio, sendo esta faixa pública. Caso o rio esteja fora do alcance das marés, o profissional deverá excluir da área particular até 15m de cada margem do rio, considerando como margem o limite das enchentes.

Desta forma, como o título que garante o domínio sobre o imóvel é a matrícula e esta é regulada pelo IRIB, deverá o profissional expor a situação do imóvel ao INCRA e efetuar o levantamento de acordo com o requerido pelo IRIB, caso contrário, as alterações não serão efetuadas na matrícula do imóvel, permanecendo irregular.

3.5.4 Linha de transmissão, oleoduto, gasoduto, cabos óticos e outros

Nós imóveis atravessados por estes acidentes artificiais, deverão ser observadas as características das faixas de domínio ou servidão junto às respectivas concessionárias. A área correspondente à faixa de domínio ou servidão não deverá ser descontada da área total do imóvel. Nos pontos onde estas feições atravessam os limites do imóvel, esses se caracterizarão como vértices do perímetro, e deverão ser codificados como vértices do tipo “O”, “P” ou “M”, conforme a situação, constando no memorial descritivo.

3.6 Padrões de precisão

Em todo o serviço de engenharia trabalha-se com determinado padrão de precisão, conforme o serviço solicitado, a precisão poderá ser maior ou menor, afetando diretamente o custo do levantamento. O termo precisão está associado ao nível de aderência de um grupo de medições, obtidas sob as mesmas condições, ao valor médio dessas medições, quando calculado sob o valor de um desvio padrão ou um sigma (1σ). O seu resultado deve ser expresso pela resultante das componentes horizontais σ_E e σ_N , ao nível de confiança de 68,3%.

A seguir, tabela com a precisão necessária para cada tipo de vértice.

Tab.6 – Classificação de vértices quanto à finalidade, precisão e tipo.

Classe	Finalidade	Precisão (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 da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, 2ª Ed.

O indicador de precisão posicional para cada par de coordenadas, relativas a cada vértice definidor do limite do imóvel, não deverá ultrapassar o valor de 0,50m. A exceção são os vértices da classe C5 e C7.

Os valores de precisão posicional apresentados na tabela 1 se referem à resultante horizontal determinada por:

$$PP = (\sigma E^2 + \sigma N^2)^{1/2} \quad (84)$$

Onde:

PP = precisão posicional;

σN = desvio padrão da componente N, em metros;

σE = desvio padrão da componente E, em metros;

É necessário considerar a propagação da covariância das coordenadas dos vértices de apoio básico e do apoio imediato, e também no desenvolvimento de poligonal para determinação das coordenadas dos vértices de limite do imóvel, com exceção dos vértices da classe C7.

3.7 Levantamento pelo GNSS

O *Global Navigation Satellite System* – GNSS engloba o Sistema de Posicionamento Global – GPS e os demais sistemas do mesmo gênero. O posicionamento por GNSS permite a determinação de coordenadas a partir de vértices do Sistema Geodésico

Brasileiro ao vértice de referência do georreferenciamento (C1), determinação de coordenadas dos vértices de poligonais de apoio (C2) e a determinação de coordenadas dos vértices que definem o perímetro do imóvel rural (C4, C5 e C7).

Os vértices classificados como C4 requerem precisão menor ou igual a 50 cm, e são utilizados para materializar os vértices que definem os limites do imóvel, sendo utilizados quatro marcos neste levantamento. Os limites naturais são definidos pela classe C5 que requer precisão menor ou igual a 2,00 m, como margens de rios com vegetação. Neste levantamento não foram utilizados marcos da classe C5.

As coordenadas do vértice C2 devem estar referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e o cálculo de distância, área e azimute o plano de projeção UTM. O Sistema de Referência Geodésico Brasileiro é o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000), sendo definido da seguinte forma:

- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional – ITRS (International Reference System);
- Figura Geométrica para a Terra: Elipsóide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (Geodetic Reference System 1980 – GRS80), com semi-eixo maior, $a=6.378.137$ m e achatamento, $f = 1/298,257222101$;
- Origem: Centro de massa da terra;
- Orientação: Pólos e meridianos de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com direções definidas pelo BIH (Bureau International de L'Heure), em 1984;
- Época de referência das coordenadas: 2000,4;
- Sistema de Coordenadas: geodésicas.

Dessa forma, as coordenadas do vértice da classe C2 foram obtidas de dados do Sistema Geodésico Brasileiro, oriundos de estações ativas receptoras de sinais de satélites GNSS, da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), estações de Porto Alegre – POAL e Santa Maria – SMAR, homologadas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia).

Outra forma de obter as coordenadas do vértice de classe C2 são as seguintes:

- a) Por meio de redes geodésicas estaduais estabelecidas a partir do rastreamento de sinais de satélites de posicionamento e homologadas pelo IBGE;
- b) Através de estações ativas receptoras de sinais de satélite do GNSS ou passivas, pertencentes a outros órgãos ou empresas privadas, desde que homologadas pelo IBGE.

3.7.1 Posicionamento relativo estático rápido

Na execução do levantamento georreferenciado foi adotado o método de posicionamento relativo estático rápido, no qual dois ou mais receptores rastreiam simultaneamente os satélites visíveis, por um período de tempo que varia de acordo com o comprimento da linha de base e a precisão requerida, de 5 a 30 minutos de ocupação nos vértices que delimitam o imóvel. Um dos receptores foi posicionado sobre o marco da classe C1, considerado o vértice de apoio básico ao levantamento georreferenciado do imóvel, enquanto que o outro receptor era posicionado nos vértices que delimitam o imóvel. De acordo com a 2ª Ed. da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – NTGIR, o tempo de ocupação dos vértices é o mínimo para garantir solução fixa, sem perda de sinais. Durante a ocupação são avaliados o PDOP (positioning dilution of precision), ou seja, a diluição de precisão no posicionamento 3D, que deve variar de 1 a 6.

A determinação das coordenadas dos vértices depende também da geometria relativa dos satélites. Quando os satélites GPS visíveis estão juntos no céu, a geometria é considerada fraca e o valor DOP (dilution of precision) é alto, quando estão longe, a geometria é forte e o valor DOP é baixo. Assim, um valor baixo representa uma melhor precisão de posicionamento GPS, devido a maior separação angular entre os satélites utilizados para calcular a posição do receptor de sinais GPS, posicionado sobre o vértice de interesse. Outros fatores que podem aumentar a diluição da precisão (DOP) são as obstruções, como edificações, montanhas e árvores próximas ao receptor. A diluição da precisão (DOP) pode ser expressa como uma série de medições separadas, como HDOP, VDOP, PDOP e TDOP, os quais se referem, respectivamente, a diluição na precisão horizontal (X e Y), vertical (Z), posicionamento (3D) e diluição de precisão temporal (t). Os parâmetros acima são componentes do GDOP (Geometric dilution of precision), ou seja, diluição geométrica de precisão. Quanto maior o volume formado pelos satélites e o receptor, como se fosse uma pirâmide, sendo o receptor o cume, melhor o valor de GDOP, e menor o volume, pior será o valor do GDOP.

Na execução do levantamento, o que pode ser feito para melhorar a coleta dos sinais é a desobstrução do campo de visão da antena do receptor, serrando galhos que estejam próximos do equipamento. Entretanto, tratando-se de vegetação nativa, somente mediante autorização do órgão ambiental.

Após a coleta dos sinais num vértice, desloca-se até o próximo, não sendo necessário a continuidade de rastreamento durante o deslocamento. Para que os resultados apresentem razoável nível de precisão, o vetor das ambigüidades envolvido em cada linha de base deve ser solucionado, ou seja, fixado como inteiro. O comprimento de linha de base para este tipo de posicionamento deve ser de no máximo 20 km.

3.7.1.1 Posicionamento do vértice de apoio básico ao levantamento

O vértice de apoio básico para o georreferenciamento do imóvel, classificado como C1, também conhecido no meio prático como “base” do levantamento, requer precisão menor ou igual a 10 cm, devendo ser materializado por meio de marco. Neste levantamento foi materializado um marco classe C1, denominado de DN0 - M - BAS01, através do método de posicionamento relativo estático, no qual o receptor de sinais GPS fica posicionado sobre o vértice de apoio à poligonal, materializado num lugar sem obstruções, dentro do imóvel, neste caso, por um período mínimo para que a solução seja fixa, ou seja, o vetor das ambigüidades envolvidos em cada linha de base seja solucionado. O equipamento ficou 4h posicionado sobre o vértice de apoio, coletando os sinais GPS, até que o levantamento terminasse e também para fixar o ponto. Como o comprimento da linha de base está entre 100 a 500km, a NTGIR exige que sejam realizadas duas sessões de rastreamento para verificar a acurácia do ponto. Portanto, foi efetuada mais uma sessão de rastreamento de 4h, adotando a que apresentou o melhor resultado.

Após a ocupação do vértice de apoio básico, as coordenadas foram obtidas por meio do ajustamento de no mínimo dois vetores independentes, oriundo do SGB, partindo um dos vetores da RBMC de Porto Alegre (POAL) e outro de Santa Maria (SMAR).

O receptor de sinais GPS usado como referência para o levantamento, ou seja, posicionado sobre o vértice de apoio básico ao levantamento, deve ser um equipamento que utiliza as portadoras L1 e L2, com intervalo de gravação de 1, 5, 10 ou 15s, tempo de rastreamento mínimo para apresentar solução fixa, máscara de elevação de no mínimo 10° e PDOP inferior a 6,0.

Esse marco deve ser implantado em local de fácil acesso, sem vegetação na volta e edificações, devido ao erro gerado pelo multicaminhamento.



Fig. 19 – Marco classe C1, base para o transporte de coordenadas e apoio básico ao levantamento georreferenciado.

3.7.1.2 Posicionamento dos vértices que definem o imóvel

Os vértices que definem o imóvel foram levantados pelo método de posicionamento relativo estático rápido, no qual um dos receptores é posicionado sobre o vértice de apoio básico, classe C1, denominado de DN0- M - BAS01, durante a execução do levantamento e pelo tempo mínimo de 4h para apresentar uma solução fixa, enquanto que o outro receptor é posicionado sobre os vértices que definem o imóvel, pelo período mínimo para garantir uma solução do tipo fixa. Para garantir a solução adequada, sem perda de ciclos,

necessário para apresentar solução fixa, o receptor foi posicionado em cada vértice pelo tempo mínimo de 10 minutos, pois em campo não é possível garantir que a solução será fixa. Os 10 minutos funcionam como um coeficiente de segurança, ou seja, a probabilidade de apresentar uma solução fixa com este tempo de coleta de dados dentro de um intervalo de 10 minutos é maior do que somente pelo período de 5 minutos. Entretanto, para se fazer essa análise é necessário acompanhar a variação do número de satélites visíveis, pois, à medida que o tempo passa, podem aumentar ou diminuir o número de satélites visíveis, sendo exigidos no mínimo 4 satélites.

O receptor de sinais GPS usado no levantamento do perímetro, denominado também no meio profissional de “rover” ou móvel, deve ser um equipamento que utiliza as portadoras L1 ou L1 e L2, com intervalo de gravação de 1, 5, 10 ou 15s, tempo de rastreamento mínimo para solução fixa, máscara de elevação de no mínimo 15° e PDOP inferior a 6,0.

As coordenadas dos vértices do perímetro do imóvel rural devem ser determinadas atendendo a precisão posicional de 50 cm, considerando a propagação das covariâncias desde as coordenadas dos vértices de referência do SGB. No método adotado foi utilizado um equipamento dotado das portadoras L1/L2.

Nesta etapa os vértices são materializados através dos marcos de ferro, conforme modelo da 2ª Ed. da NTGIR e ocupados com o receptor de sinais GPS, definindo o perímetro do imóvel.

3.7.1.3 Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

O posicionamento por ponto preciso é outro método de levantamento abordado pela 2ª Ed. da NTGIR, entretanto, neste trabalho, foi utilizado somente para comparar o valor das coordenadas obtidas por este método em relação ao método de posicionamento relativo estático rápido, adotado no levantamento.

O método de posicionamento por ponto preciso está baseado na correção pós-processada, e refere-se à obtenção da posição de uma estação através das observáveis fase da onda portadora coletadas por receptores de duas frequências e em conjunto com os produtos do IGS (International GPS Service). Um dos requisitos para realizar o PPP é dispor das posições dos satélites e o erro do relógio de cada um deles. Esta informação é disponibilizada pelos centros integradores de órbitas (CIOs), fornecendo as efemérides precisas. Este serviço

de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canadá (NRCan). O serviço é disponibilizado no Brasil pelo IBGE, sem nenhum custo, através da sua página na internet.

Esta metodologia é aceita para a determinação de vértices das classes C1, C4, C5 e C7. Para que o resultado seja aceito, entretanto, é necessário verificar se os valores dos resíduos (RMS) publicados no relatório estão dentro dos padrões aceitáveis.

3.8 Processamento e tratamento de dados

O processamento e o tratamento de dados têm por finalidade estimar o valor mais provável das coordenadas e sua precisão, por meio das observações de campo, da análise comprovada da qualidade dos dados observados e dos resultados com eles obtidos.

Para os vértices definidores dos limites do imóvel rural é obrigatório apresentar as seguintes informações:

- a) Sistema de referência;
- b) Sistema de coordenadas;
- c) Meridiano Central;
- d) Data do processamento;
- e) Tipo de efemérides utilizadas;
- f) Tempo de sessão (hora início e hora fim, local ou UTC);
- g) Comprimento do vetor;
- h) Vetor expresso em Dx, Dy e Dz;
- i) Tipo de solução obtida;
- j) Coordenadas estimadas pelo processamento;
- k) Precisão de cada componente das coordenadas ou da resultante planimétrica;
- l) Altura de antena (Base e Rover);
- m) Intervalo de gravação adotado;

A partir dos dados solicitados, o resultado é o seguinte:

- Sistema de referência: SIRGAS 2000;
- Sistema de coordenadas: UTM, Fuso 22;

- Meridiano central: 51° W Gr;
- Data do processamento: 19 de abril de 2010;
- Tipo de efemérides utilizadas: Transmitidas;
- Altura da antena da base: 2,020m

As outras informações seguem em forma de tabela, abaixo representadas.

Tab.7 – Informações dos pontos que definem o perímetro do imóvel.

Ponto	DN0 – M - 0001	DN0 – M - 0002	DN0 – M - 0003	DN0 – M - 0004
Hora inicial local	12h17`25``	12h04`45``	12h58`25``	12h49`15``
Hora final local	12h23`20``	12h14`55``	13h04`25``	12h55`15``
Comprimento do Vetor [m]	1584,8068	1572,3353	886,6949	899,0893
Dx [m]	772,7899	700,0740	-411,7227	-356,6914
Dy [m]	1182,3140	1171,7921	-659,2529	-664,7200
Dz [m]	-718,7084	-780,4090	426,7294	489,1627
Solução obtida	Fixa	Fixa	Fixa	Fixa
E [m]	483.155,3787	483.092,2718	481.076,7073	481.116,0202
N [m]	6.523.983,7513	6.523.911,5336	6.525.318,1774	6.525.391,6956
H [m]	17,2062	17,4636	11,2564	11,7902
Resultante Planimétrica [m]	0,0004	0,0007	0,0009	0,0010
Altura da antena do ponto [m]	2,000	2,000	2,000	2,000
Intervalo de gravação [s]	5	5	5	5

No caso de apresentação de soluções de ajustamento, neste caso, a determinação das coordenadas das bases 01 e 02, as seguintes informações deverão constar no relatório:

- a) Código dos vértices ajustados;
- b) Coordenadas de referência e suas covariâncias;
- c) Vetores a serem ajustados e seus desvios padrão;
- d) Coordenadas ajustadas e suas covariâncias;

e) Resíduos após ajustamento dos vetores;

A seguir, tabela contendo algumas das informações solicitadas.

Tab.8 – Informações das bases ajustadas.

Código dos vértices ajustados	DN0-M-BAS01	DN0-M-BAS02
Coordenadas de Referência: E [m]	481.528,7823	481.811,2751
N [m]	6.525.009,1402	6.524.822,2081
H [m]	14,3655	15,3838
Covariância em E	0,024964	0,025027
Covariância em N	0,024964	0,025027
Covariância em H	0,024964	0,025027
Dx [m]	-133.715,0836	-133.874,3305
Dy [m]	-223.035,7244	-223.288,1410
Dz [m]	161.315,9480	161.476,5052
Coordenadas Ajustadas: E [m]	481.528,7823	481.811,2800
N [m]	6.525.009,1402	6.524.822,2051
H [m]	14,3655	15,3825
Resíduo em X	-0,0349	-0,0086
Resíduo em Y	0,0164	-0,0207
Resíduo em Z	0,0079	0,0076

3.8.1 Memorial descritivo do imóvel

Um dos principais produtos do levantamento georreferenciado, como também de levantamentos clássicos, é a descrição perimétrica do imóvel que contém as coordenadas dos vértices que delimitam o imóvel, o nome dos imóveis confrontantes e seus proprietários, o número do imóvel no INCRA, dados do proprietário do imóvel medido e sistema geodésico de referência, entre outros dados. A seguir, o memorial descritivo do imóvel objeto do presente trabalho.

MEMORIAL DESCRITIVO

Imóvel: Chácara Paraíso	Comarca: Mostardas
Proprietário: João Silva Brasil	
Município: Tavares	UF: Rio Grande do Sul
Matrícula: 24.567 – Registro de Imóveis de Mostardas	
Comarca de Mostardas / RS	Código INCRA: 950.050.076.459-8
Área da Gleba (ha): 21,9804	Perímetro (m): 5.115,312

Inicia-se a descrição deste perímetro no vértice **DN0-M-0001**, de coordenadas **N 6.523.983,751m** e **E 483.155,379m**, situado no limite da faixa de domínio da Rodovia Federal BR 101 Sul, que liga Tavares à Mostardas e São José do Norte e na divisa da Chácara Felicidade, código INCRA 861.049.101.177-0, pertencente a José Alves Cabral, C.P.F. 123.456.789/00; deste, segue confrontando com o limite da faixa de domínio da referida rodovia federal, com o seguinte azimute e distância: 221°09'09" e 95,91m até o vértice **DN0-M-0002**, de coordenadas **N 6.523.911,534m** e **E 483.092,272m**, situado na divisa do imóvel Haras Itapuã Sul, código do INCRA 861.049.131.157-3, pertencente à Isabel Reichelt, C.P.F.098.765.432-22; deste, segue confrontando com o Haras Itapuã Sul, com o seguinte azimute e distância: 304°54'39" e 2457,86m até o vértice **DN0-M-0003**, de coordenadas **N 6.525.318,177m** e **E 481.076,707m** situado na divisa do imóvel Haras Itapuã Sul com o limite do Terreno de Marinha na Laguna dos Patos; deste, segue confrontando com o limite do Terreno de Marinha na Laguna dos Patos, com o seguinte azimute e distância: 28°08'00" e 83,39m até o vértice **DN0-M-0004**, de coordenadas **N 6.525.391,696m** e **E 481.116,020m**, situado no limite do Terreno de Marinha na Laguna dos Patos com a Chácara Felicidade, com o seguinte azimute e distância: 124°37'15" e 2478,17m até o vértice **DN0-M-0001**, de coordenadas **N 6.523.983,751m** e **E 483.155,379m**, início da descrição deste perímetro. Todas as coordenadas aqui descritas estão georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro, a partir das estações ativas da RBMC de Santa Maria, de coordenadas **N 6.709.269,527m** e **E 237.205,247m** e de Porto Alegre, de coordenadas **N 6.673.004,056** e **E 488.457,545m** e encontram-se representadas no Sistema UTM, referenciadas ao **Meridiano Central 51° WGr**, tendo como Datum o **SIRGAS 2000**. Todos os azimutes, distâncias, áreas e perímetros foram calculados no plano de projeção UTM.

Tavares, 20 de abril de 2010.

Resp. Técnico: Cristiano Brum Pinho
 Eng.º.Civil e Especialista em Georreferenciamento/CREA: RS128.919
 Código Credenciamento: DN0 / ART: 3550598

3.8.2 Planilha de cálculo de área e perímetro

Outra exigência da NTGIR é a elaboração de uma planilha contendo as coordenadas de cada vértice, azimute, distância, fator de escala, latitude, longitude, perímetro e área. A seguir, exemplo da tabela.

Tab. 9 – Planilha para cálculo de área.

<u>Cálculo Analítico de Área, Azimutes, Lados, Coordenadas Geográficas e UTM</u>							
IMÓVEL: Chácara Paraíso							
MUNICÍPIO: Tavares/RS							
SGR (datum): SIRGAS2000							
Meridiano Central: 51° WGr							
<hr/>							
Estação	Vante	Coord. Norte(m)	Coord. Este(m)	Azimute	Distância(m)	Fator Escala	Latitude Longitude
M-0001	M-0002	6523911,534	483092,272	221°08'54"	95,9056	0,99960353	S 31°25'09,5568" W 51°10'40,4049"
M-0002	M-0003	6525318,177	481076,707	304°54'39"	2457,8745	0,99960442	S 31°24'23,7549" W 51°11'56,6505"
M-0003	M-0004	6525391,696	481116,020	28°08'06"	83,3692	0,99960440	S 31°24'21,3692" W 51°11'55,1566"
M-0004	M-0001	6523983,751	483155,379	124°37'14"	2478,1627	0,99960350	S 31°25'07,2144" W 51°10'38,0102"
Perímetro:		5.115,31 m					
Área Total:		219.804,35 m ²			21,9804 ha		

3.8.3 Planilha de dados cartográficos

A planilha de dados cartográficos está disponível no site do INCRA e deve ser anexada ao processo de georreferenciamento. Abaixo modelo de tabela preenchida para o imóvel objeto do presente trabalho. Verifica-se, mais uma vez, a repetição de dados solicitados em outras peças técnicas, tornando o trabalho repetitivo e monótono.

Tab.10 – Planilha de dados cartográficos - 1ª parte.

A1-Denominação do imóvel		Chácara Paraíso						A2-Nome
A3-Número da(s) matrícula(s)		24567						A4-Código
A5-Comarca/Cartório de registro de imóveis		Mostardas						A6-CPF/C
A7-Perímetro		5.115,312m						A8-Área c
A9-Município / UF		Tavares/RS						A10-Sister
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
Sequência do Vértice	Código do vértice	Longitude	RMSLONG	Latitude	RMSLAT	Altitude Elipsoidal	RMSALT	
1	DN0-M-0001	(-51:10:40.40489	0.0006	(-31:25:09.55680	0.0004	17,4636	0.0015	
2	DN0-M-0002	(-51:10:38.01022	0.0003	(-31:25:07.21439	0.0002	17,2062	0.0008	
3	DN0-M-0003	(-51:11:56.65049	0.0003	(-31:24:23.75487	0.0005	11,2564	0.0013	
4	DN0-M-0004	(-51:11:55.15663	0.0005	(-31:24:21.36920	0.0008	11,7902	0.0021	
1	DN0-M-0001	(-51:10:40.40489	0.0006	(-31:25:09.55680	0.0004	17,4636	0.0015	

Tab.11 – Planilha de dados cartográficos - 2ª parte.

A2-Nome do Proprietário		João Silva Brasil					
A4-Código(s) do SNCR do imóvel		950.050.076.459-8					
A6-CPF/CNPJ do Proprietário		001.234.678-90					
A8-Área calculada		21,9804ha					
A10-Sistema geodésico de Referência		SIRGAS2000					
B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	
RMSALT	METODO APLICADO	Código SNCR do imóvel confrontante	Tipo de limite	Arquivo RINEX	Nome do Confrontante	Margem Esquerda / Dire	
0.0015	LG2		LA7	x21.001.185	Rodovia Federal BR 101 Sul		
0.0008	LG2	861.049.131.157-3	LA3	x21.001.186	Isabel Reichelt		
0.0013	LG2		LA3	x21.001.187	Terreno de Marinha na Laguna dos Patos		
0.0021	LG2	861.049.101.177-0	LA3	x21.001.188	José Alves Cabral		
0.0015	LG2		LA7	x21.001.185	Rodovia Federal BR 101 Sul		

3.8.4 Relatório técnico

O relatório técnico, que deve ser entregue em meio digital, tem como objetivo descrever os serviços realizados em campo e no escritório, detalhando cada etapa do processo de georreferenciamento. Conforme a NTGIR, os seguintes itens devem constar no relatório:

- 1 - Objeto: Informar dados do Imóvel rural como nome, matrículas, etc;
- 2 - Finalidade: Motivo pelo qual foi realizado o georreferenciamento (certificação, levantamento do perímetro, atualização cadastral, regularização fundiária, solicitação judicial, etc);

3 - Período de execução: O período de execução dos trabalhos relativos à determinação de vértices de apoio, reconhecimento da área, levantamento do perímetro e levantamento cartorial;

4 - Roteiro de acesso: Localização exata do imóvel com roteiro de como chegar ao local, estradas de acesso com a respectiva distância, etc;

5 - Estações geodésicas de referência utilizadas: para os casos em que o transporte de coordenadas for conduzido pelo pós-processamento dos dados observados, o credenciado deverá informar as estações geodésicas do SGB utilizadas;

6 - Vértice de apoio básico: As coordenadas do vértice de apoio básico poderão ser determinadas:

a) Pelo método clássico de triangulação geodésica utilizando-se da técnica GNSS apoiada na Rede RBMC/RIBaC;

b) Pelo método de Posicionamento por Ponto Preciso-PPP, disponibilizado pelo IBGE;

O credenciado deverá identificar as estações RBMC/RIBaC utilizadas ou apresentar o relatório de processamento do Sistema PPP;

7 - Descrição dos serviços executados: Descrever de forma detalhada como foram executados os serviços, desde o reconhecimento dos limites até a obtenção das coordenadas dos vértices definidores do perímetro de acordo com o método utilizado conforme definido no Capítulo 5 da NTGIR – LEVANTAMENTO e as formas de processamento conforme definidas no Capítulo 6 da NTGIR – PROCESSAMENTO E TRATAMENTO DE DADOS;

8 - Monografia do(s) marco(s) de apoio: Apresentar monografia com foto, itinerário, coordenadas geodésicas e UTM com as devidas precisões do(s) marco(s) de apoio implantado(s);

9 - Quantidades realizadas: Informações sobre o transporte, quantos vértices foram necessários, quantos quilômetros de poligonais topográficas, quantos marcos de limites implantados, dentre outros;

10- Relação de equipamentos utilizados: Receptores de sinais GNSS e/ou Estação(ões) Total(ais) com a respectiva marca, modelo e número de série, além dos programas de processamento utilizados, modelos das antenas e respectivos parâmetros, alturas de instrumento, de prisma e de antena.

11- Equipe técnica: Profissionais envolvidos nos trabalhos, identificando-os com nome completo, formação profissional e o número do CREA. O responsável técnico pelo trabalho deverá ser identificado individualmente e pelo número da ART.

De acordo com as exigências acima descritas, elaborou-se o seguinte relatório técnico:

Relatório Técnico

1- Objeto:

O georreferenciamento do imóvel rural denominado Chácara Paraíso, Código do INCRA 950.050.076.459-8, matrícula nº 24.567 - Registro de Imóveis de Mostardas, localizado no Município de Tavares/RS, com área de 21,9849 ha e perímetro de 5.115,35m.

2- Finalidade:

Obtenção de Certificação como imóvel georreferenciado, atualização do Certificado de Cadastro de Imóvel Rural – CCIR e retificação de matrícula extrajudicial, através de processo administrativo no Registro de Imóveis de Mostardas/RS,

3 - Período de Execução:

O levantamento cartorial ocorreu no dia 16 de abril de 2010 e os trabalhos relativos a determinação dos vértices de apoio, reconhecimento da área e levantamento do perímetro ocorreram nos dias 17 e 18 de abril de 2010.

4 – Roteiro de acesso:

A Chácara Paraíso está localizada no Município de Tavares/RS, na localidade de Capão Comprido. A partir da Prefeitura Municipal de Tavares, sede do Município de Tavares, Estado do Rio Grande do Sul, sito à Rua Abílio Vieira Paiva, nº228, partindo deste ponto em direção ao oeste, Laguna dos Patos, dobra-se à direita na Avenida 11 de Abril, segue-se em frente e dobra-se à direita na Avenida Izidro Teixeira Machado, segue-se até o

trevo localizado na Rodovia Federal BR 101 Sul e dobra-se à direita, seguindo, a partir deste trevo, por 17,8 km até a Chácara Paraíso. Segue-se pela estrada de chão batido dentro da Chácara Paraíso por 1.900m. Próximo à divisa sul, com o imóvel Haras Itapuã Sul, está localizado o marco de ferro, construído de acordo com a NTGIR, e com a identificação do profissional, DN0 e o número da base – BAS01, inscritos numa chapa de metal fixada neste marco e com orifício no centro, o qual serviu de base para o levantamento deste imóvel.

5 – Estações geodésicas de referência utilizadas:

As estações geodésicas de referência foram as estações ativas da RBMC de Santa Maria, de coordenadas N **6.709.269,527m** e E **237.205,247m** e de Porto Alegre, de coordenadas N **6.673.004,056** e E **488.457,545m**.

6 – Vértice de apoio básico:

As coordenadas do vértice de apoio básico, denominado de DN0 – M – Bas01, foram determinadas pela técnica GNSS, através do pós-processamento dos dados observados e com ajustamento de observações, a partir das estações ativas da RBMC descritas no item 5.

7 – Descrição dos serviços executados:

O serviço foi executado com um Receptor GPS marca Leica, modelo GPS900CS, de 12 canais, dupla frequência, L1 e L2.

Foi efetuado o reconhecimento dos limites do imóvel e coleta de dados dos confrontantes, como número da matrícula, nome do imóvel, nome, RG e CPF do proprietário dos imóveis lindeiros.

Foram verificados os limites da faixa de domínio da Rodovia Federal BR101 Sul, km 315, sendo 30,00m de faixa de domínio para cada lado a partir do eixo da rodovia.

Foi verificado o limite do Terreno de Marinha na confrontação com a Laguna dos Patos, conforme linha de preamar média de 1831 e da correspondente "Linha Limite dos Terrenos de Marinha - LLM". Dessa forma, foram mantidos os 33m após a faixa de praia, ou seja, a partir de barreiras naturais que se encontram no local, mantendo o Terreno de Marinha fora da matrícula do imóvel.

Foi instalado um marco de aço, conforme padrão estabelecido pela NTGIR, para transporte de coordenadas para o imóvel, a partir das estações ativas da RBMC de Santa Maria e de Porto Alegre. Este marco foi utilizado como base para o levantamento do perímetro do imóvel, sendo numerado com DN0-M-Bas01 e classificado como C1, de acordo com a referida norma. Este marco foi ocupado por um período mínimo de 4 horas ininterruptas, visto que as estações ativas das RBMC estão distantes da base do levantamento mais de 100km, ou seja, apresentam linha de base maior do que 100km. A taxa de gravação da base foi de 1 segundo durante 4h19'45'' de rastreamento ininterruptos no dia 18/04/2010.

Nos vértices do perímetro foram instalados marcos padrão INCRA (marco de ferro) com a respectiva chapa de identificação, no total de quatro marcos, assim denominados: DN0-M-0001, M0002, M0003 e M0004. Após foram levantados, no dia 18 de abril de 2010, através do posicionamento relativo rápido estático, utilizando-se um receptor GPS de dupla frequência, configurado de acordo com as exigências na norma anteriormente mencionada, e os dados obtidos com este equipamento foram corrigidos através da base Bas01. Foram obtidas as coordenadas dos vértices definidores do perímetro do imóvel. Cada marco foi ocupado, no mínimo, por 10 minutos, garantindo, de acordo com a norma, o período mínimo de dados íntegros sem interferência de perdas de ciclos, com taxa de gravação de 5 segundos e distância máxima da base de 2,0 km.


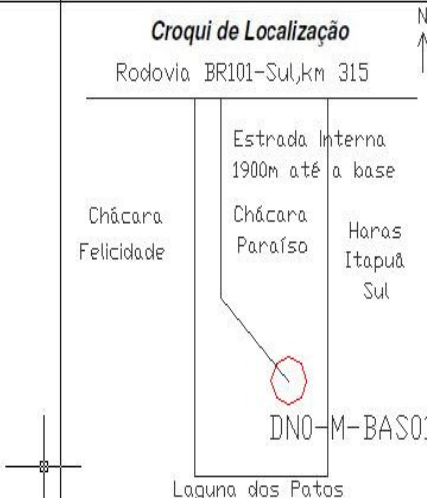
Foi utilizado o software LEICA Geo Office, versão 5.0, dotado de algoritmos de combinação de observáveis (fase da portadora e código) para efetuar o Pós-processamento.

A base01 foi ajustada através do software LEICA Geo Office, Ver.5, a partir das estações ativas da RBMC de Santa Maria e Porto Alegre, e as coordenadas dos vértices foram obtidas através do pós-processamento, adotando-se a base01 como referência. Todos os vértices fixados apresentaram a precisão exigida, sendo utilizados no cálculo da área, perímetro e demais solicitações da mencionada norma. A base01 apresentou precisão de 1cm, permanecendo dentro do limite de 10cm, e os vértices do perímetro apresentaram precisão entre 0,6 até 3,7cm, dentro do limite de até 50cm. Com os dados aprovados foram elaboradas todas as peças técnicas, conforme estabelecido na norma.

8 – Monografia do marco de apoio:

O marco que serviu de apoio ao levantamento georreferenciado foi implantado dentro do perímetro do imóvel, em local de fácil acesso e sem obstrução de vegetação e edificações. A monografia abaixo ilustrada segue o padrão determinado pela NTGIR.

Tab.12 – Monografia do marco de apoio.

VÉRTICE DE APOIO		
Código do Vértice: DNO-M-BAS01	Propriedade: CHÁCARA PARAÍSO	Município/UF: TAVARES/RS
Responsável Técnico: CRISTIANO BRUM PINHO		Código do Credenciado: DNO
Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000		Data das Observações: 18/04/2010
COORDENADAS ELIPSÓIDAIAS	COORDENADAS PLANAS UTM	PRECISÕES
Latitude (ϕ) = 31° 24' 33,81908''S	N = 6.525.009,1402m	$\delta(\phi) = 0,0114m$
Longitude (λ) = 51° 11' 39,55057''W	E = 481.528,7823m	$\delta(\lambda) = 0,0114m$
Altitude Elipsoidal (h) = 14,3655m	MC = 51° WGr	$\delta(h) = 0,0114m$
Localização: Dentro da Chácara Paraíso Rodovia Federal BR101-Sul, Km 315	Fotografia do Vértice 	Croqui de Localização Rodovia BR101-Sul, km 315 
Descrição: 1900m por estrada interna, próximo à divisa sul, com o imóvel Haras Itapuã Sul.		
Estações de Referência utilizadas: RBMC SANTA MARIA E PORTO ALEGRE		
Equipamento utilizado: Marca: LEICA Modelo: GPS900CS Número de Série: 123789-00		

9 – Quantidades realizadas:

Foi instalado um marco de aço para transporte de coordenadas para o imóvel, a partir das estações ativas da RBMC de Santa Maria e de Porto Alegre. Este marco foi utilizado como base para o levantamento do perímetro do imóvel, sendo numerado com DNO-M-Bas01 e classificado como C1, de acordo com a referida norma. Nos vértices do perímetro foram instalados marcos padrão INCRA (marco de aço) com a respectiva chapa de identificação, no total de quatro marcos, assim denominados: DNO-M-0001, M0002, M0003 e M0004, classificados como C4.

10 – Relação de equipamentos utilizados:

Os equipamentos envolvidos na realização deste serviço foram: um par de receptores de marca Leica, modelo GPS900CS, de dupla frequência, L1 e L2, com 12 canais

universais, precisão horizontal 5mm + 0,5 ppm, estático e precisão vertical 10mm + 0,5 ppm, estático. Um dos receptores foi utilizado no procedimento de transferência de coordenadas da RBMC para o imóvel, classificado como ponto C2, denominado, neste caso, como DN0-M-Bas01 e o outro no levantamento do perímetro do imóvel.

11 – Equipe técnica:

Engenheiro Civil, Pós-graduado em Georreferenciamento de Imóveis Rurais e acadêmico de Engenharia Cartográfica na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Cristiano Brum Pinho, CREA/RS 128.919-D, credenciado no INCRA sob o código DN0 e com emissão de ART nº 3550598.

3.8.5 Planta do imóvel

Uma das últimas etapas do processo de georreferenciamento efetuadas no escritório é a elaboração da planta do imóvel. A planta é a representação gráfica dos dados coletados em campo e depois processados. As seguintes informações devem constar na planta:

1 – Confrontantes:

Nome do Imóvel, Proprietário, nº de Matrícula e confrontantes

2 – Cursos d'água:

Representações de córregos, rios, açudes, etc. que encontram-se internos e/ou no perímetro do imóvel;

3 – Estradas não pavimentadas:

Representação de estradas não pavimentadas com sua identificação, sendo municipais, estaduais ou federais, quando houver;

4 – Estradas pavimentadas:

Representação de estradas pavimentadas com sua identificação, sendo municipal, estadual ou federal, quando houver;

5 – Faixa de domínio:

Representação da largura das faixas de domínio de estradas, ferrovias e gasodutos entre outras;

6 – Informações cartográficas:

Informações sobre o SGR, Sistema de Projeção e orientações;

7 – Layout:

Folha padrão ABNT nos formatos A3 ou superiores com o carimbo contendo as informações da propriedade (proprietário, imóvel, matrículas, etc.);

8 – Legenda:

Quadro representando as convenções cartográficas;

9 – Logotipos:

Logomarcas utilizadas

10 – Matrícula:

Representação do perímetro da matrícula que compõe o imóvel com o respectivo nº da matrícula (deverá ter um layer para cada matrícula que compuser o imóvel);

11 – Perímetro:

Representação do perímetro geral do imóvel. Caso o imóvel seja dividido em glebas, será a representação de todas as glebas;

12 – Vértices:

Representação de todos os vértices adotados no imóvel com suas respectivas codificações;

Conforme determinação da 2ª Ed. da NTGIR, o credenciado deverá apresentar um arquivo digital em que conste a planta completa e um arquivo em que conste somente o polígono que represente os limites do imóvel a ser certificado.

A planta do referido imóvel encontra-se no anexo E, pág.121.

3.9 Análise dos resultados

O método adotado para o levantamento georreferenciado do imóvel foi o relativo estático rápido, anteriormente descrito, através do qual se obteve a precisão requerida para as coordenadas que definem o perímetro do imóvel, assim como para o ponto base para o transporte de coordenadas. A título de comparação foi adotado também o método de Posicionamento por Ponto Preciso para o ponto base, classificado como C1, o ajustamento dos pontos do perímetro e a medição do imóvel a partir de outro ponto base para o transporte de coordenadas. Os resultados podem ser comparados através das tabelas abaixo:

Tab.13 – Comparação entre as coordenadas dos vértices pelo método relativo estático rápido de duas bases diferentes.

Vértice	M-0001	M-0002	M-0003	M-0004	Método	Referência
Precisão(cm)	0,07	0,04	0,06	0,10	R.E.R	Base02
Precisão(cm)	0,06	0,08	0,05	2,01	R.E.R	Base01
Dif.coord.(cm)	1,15	1,28	0,67	3,71		

A tabela 13 ilustra a diferença entre as coordenadas dos vértices que delimitam o perímetro do imóvel, os quais foram medidos por meio do método relativo estático rápido, partindo primeiro da base 01, ponto de transporte de coordenadas para o imóvel e depois partindo da base 02 como referência para os vértices do perímetro. As bases foram ajustadas a partir das estações ativas da RBMC de Santa Maria e Porto Alegre. A maior diferença ocorreu no vértice M-0004, pois, no levantamento com a base 01 apresentou solução por código. Todos os pontos apresentaram precisão posicional abaixo do limite de 50 cm exigidos pela NTGIR.

Tab.14 – Diferença entre as coordenadas sem/com ajustamento de observações.

Vértice	M-0001	M-0002	M-0003	M-0004	Método	Pontos de Referência
Precisão(cm)	0,07	0,04	0,06	0,10	R.E.R	Base02
Precisão(cm)	0,07	0,04	0,06	0,10	R.E.R	Bases 01 e 02
Dif.coord.(cm)	0,00	0,00	0,00	0,00		

A tabela 14 ilustra a diferença entre as coordenadas dos vértices que delimitam o perímetro do imóvel, os quais foram medidos pelo processo relativo, em relação a uma base somente, e a partir de duas bases implantadas no imóvel. Primeiro, os vértices do imóvel foram medidos por meio do método relativo estático rápido, partindo da base 02, ponto de transporte de coordenadas para o imóvel. A base 02 foi ajustada a partir das estações ativas da RBMC de Santa Maria e Porto Alegre. No segundo momento, considerou-se também a base 01, efetuando-se a dupla vetorização para definir a posição dos vértices, ou seja, os vértices foram ajustados a partir das duas bases implantadas no imóvel. Percebe-se que a diferença entre as coordenadas dos vértices obtidos pelo processo relativo, somente a partir de uma base, e a partir de duas bases, é nula, visto que a linha base é curta, em torno de 2 km do vértice mais distante.

Tab. 15 - Diferença entre as coordenadas com ajustamento de observações e pelo PPP IBGE.

Vértice	Base01	Base02	Método	Ajustado	Pontos de Referência	
Precisão(cm)	1,612	1,329	R.E.R	Sim	SMAR	POAL
Precisão(cm)	0,728	0,632	PPPIBGE		Sem pontos de referência	
Dif.coord.(cm)	0,485	1,879				

A tabela 15 ilustra a diferença entre as coordenadas obtidas para as bases 01 e 02 que foram implantadas dentro do imóvel. As bases 01 e 02 foram medidas através do método relativo estático rápido pelo período mínimo de 4h e suas coordenadas foram ajustadas a partir das estações ativas da RBMC de Santa Maria – SMAR e Porto Alegre – POAL, com linha de base em torno de 307 e 150 km, respectivamente, gerando as precisões acima demonstradas. Pelo método de Posicionamento por Ponto Preciso, disponibilizado pelo IBGE, as bases apresentaram melhores precisões, em virtude do método utilizar as órbitas precisas e o relógio dos satélites GPS, alcançando maior precisão, entretanto, tais informações são disponibilizadas apenas treze dias após a data do levantamento. Analisando as diferenças das coordenadas das bases obtidas pelo método Relativo e o PPP IBGE ainda não é possível dizer que o PPP é melhor, pois não há dados para serem comparados, ou seja, o PPP fornece as coordenadas de um ponto através das observáveis fase da onda portadora coletadas por receptores de duas frequências e em conjunto com os produtos do IGS, enquanto que o método relativo parte de uma rede de pontos conhecidos e ajustados, os quais, através de várias ocupações do mesmo ponto, pode-se aferir a exatidão. O método Relativo parte de um sistema conhecido e materializado, enquanto que o PPP parte da posição e informações dos satélites.

4 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO INCRA

As etapas a seguir descritas foram transcritas, na maior parte, da NORMA DE EXECUÇÃO INCRA/DF/ N° 92 DE 22 DE FEVEREIRO DE 2010. (Publicada no DOU, n° 42, de 4 de março de 2010, Seção I, página 81 e Boletim de Serviço n° 10, de 8 de março de 2010), e da NOTA TÉCNICA/INCRA/DFG/N°01/2010, de 22 de fevereiro de

2010, que estabelece a nova metodologia de análise de processos de Certificação de Imóveis Rurais no INCRA, sob a orientação de Richard Martins Torsiano, Diretor de Ordenamento da Estrutura Fundiária, DF, INCRA e de Marcelo José Pereira da Cunha, Coordenador Geral de Cartografia, DFG, INCRA.

4.1 Descrição da documentação exigida

Toda a documentação necessária à certificação e atualização cadastral deverá ser entregue e protocolada na Sala da Cidadania, nas sedes regionais do INCRA, no Estado ao qual o imóvel pertence, para abertura de processo administrativo, e imediato envio ao Comitê Regional de Certificação.

A documentação a ser apresentada, conforme determina a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA – 2ª. Edição, aprovada pela Portaria INCRA/P/Nº 69, de 22 de fevereiro de 2010, a Instrução Normativa nº 25 e o Manual de Orientação para Preenchimento da Declaração para Cadastro de Imóveis Rurais, será composta por:

1 - Requerimento solicitando a Certificação, de acordo com o §1º do artigo 9º do Decreto 4.449 e a Lei 9.784, de 29 de janeiro de 1999, conforme anexos VI e VII da NTGIR 2ª Edição. Este requerimento deverá estar assinado pelo(s) proprietário(s) do imóvel rural objeto da certificação ou seu procurador legalmente constituído, com o reconhecimento de firma, constando o endereço completo para envio de correspondência, incluindo o e-mail, quando houver. Encontra-se no anexo A.

2 – Relatório Técnico (em meio digital);

O Relatório Técnico deverá ser entregue somente no formato digital e deverá conter as seguintes informações:

2.1 Objeto: informar dados do Imóvel rural como nome, matrículas, dentre outros;

2.2 Finalidade: motivo pelo qual foi realizado o georreferenciamento (certificação, levantamento do perímetro, atualização cadastral, regularização fundiária, solicitação judicial, dentre outros);

2.3 Período de execução: o período de execução dos trabalhos relativos à determinação de vértices de apoio, reconhecimento da área, levantamento do perímetro e levantamento cartorial;

2.4 Roteiro de acesso: localização exata do imóvel com roteiro de como chegar ao local, estradas de acesso com a respectiva distância, dentre outros;

2.5 Estações geodésicas de referência utilizadas: para os casos em que o transporte de coordenadas for conduzido pelo pós-processamento dos dados observados, o credenciado deverá informar as estações geodésicas do SGB utilizadas;

2.6 Vértice de apoio básico: As coordenadas do vértice de apoio básico poderão ser determinadas:

a) pelo método clássico de triangulação geodésica utilizando-se da técnica GNSS apoiada na Rede RBMC/RIBaC;

b) pelo método de Posicionamento por Ponto Preciso-PPP, disponibilizado pelo IBGE;

O credenciado deverá identificar as estações RBMC/RIBaC utilizadas ou apresentar o relatório de processamento do Sistema PPP;

2.7 Descrição dos serviços executados: descrever de forma detalhada como foram executados os serviços, desde o reconhecimento dos limites até a obtenção das coordenadas dos vértices definidores do perímetro de acordo com o método utilizado pelo profissional e as formas de processamento;

2.8 Monografia do(s) marco(s) de apoio: apresentar monografia com foto, itinerário, coordenadas geodésicas e UTM com as devidas precisões do(s) marco(s) de apoio implantado(s);

2.9 Quantidades realizadas: informações sobre o transporte, quantos vértices foram necessários, quantos quilômetros de poligonais topográficas, quantos marcos de limites implantados, dentre outros;

2.10 Relação de equipamentos utilizados: Receptores de sinais GNSS e/ou Estação(ões) Total(ais) com a respectiva marca, modelo e número de série, além dos programas de processamento utilizados, modelos das antenas e respectivos parâmetros, alturas de instrumento, de prisma e de antena;

2.11 Equipe técnica: profissionais envolvidos nos trabalhos, identificando-os com nome completo, formação profissional e o número do CREA. O responsável técnico pelo trabalho deverá ser identificado individualmente, seguido do número da ART;

3 – Matrículas ou transcrições do imóvel – original ou cópia autenticada;

As cópias autenticadas de todas as matrículas ou transcrições que compõem o imóvel rural devem ser de inteiro teor, fornecidas pelos Cartórios de Registros de Imóveis e estar atualizadas, ou seja, dentro do prazo de validade de 30 dias a contar do dia em que a documentação foi entregue, no INCRA.

Além da matrícula serão aceitos documentos passíveis de registro como escritura pública de compra e venda, escritura pública de doação, formal de partilha, ata de incorporação, carta de arrematação, nestes dois últimos casos deverá ser apresentada a matrícula correspondente ao imóvel objeto da transação. Também serão aceitos sentença declaratória de usucapião e título definitivo expedido pelo Governo.

4 – Uma via da planta e uma via do memorial descritivo (em meio analógico e digital);

A planta e o memorial descritivo devem estar devidamente assinados pelo proprietário ou seu representante legal, e pelo profissional credenciado, responsável técnico pelos trabalhos. A via única da planta e a via única do memorial descritivo, em meio analógico, deverão ser juntadas à contracapa do processo uma vez que, serão devolvidos ao interessado no ato da certificação.

Se o imóvel possuir duas ou mais matrículas ou transcrições, deverá ser feita uma planta geral do imóvel identificando cada matrícula individualmente, com todos os seus elementos técnicos. Os memoriais devem ser elaborados separadamente para cada matrícula ou transcrição, para fins de retificação de registro imobiliário.

Caso o proprietário pretenda unificar as matrículas, deverá ser elaborada uma outra planta e memorial descritivo, demonstrando a situação proposta.

5 – Anotação de Responsabilidade Técnica – ART (original ou cópia autenticada);

ART recolhida junto ao CREA do Estado onde se localiza o imóvel com o respectivo comprovante de recolhimento junto à instituição bancária, devendo ser tudo original, para ser anexada ao processo.

6 – Planilha do Cálculo de área (original, com assinatura do credenciado em todas as folhas):

6.1 – Planta georreferenciada, nos formatos DWG, DGN ou DXF, conforme descrito na NTGIR 2ª Ed.;

6.2 – Dados brutos (sem correção diferencial) das observações do GPS, quando utilizada esta tecnologia, nos formatos nativos do equipamento e no formato Rinex;

6.3 – Dados corrigidos das observações do GPS, quando utilizada esta tecnologia;

6.4 – Arquivos de campo gerados pela estação total, quando utilizada esta tecnologia;

6.5 – As coordenadas dos vértices do imóvel em UTM (txt), na seqüência do memorial descritivo;

6.6 – Planilha de cálculo de área;

6.7 – Arquivo contendo apenas o perímetro do imóvel (DWG ou DGN ou DXF), somente o vetor;

7 – Relatório resultante do processo de correção diferencial das observações GPS, quando utilizada esta tecnologia (meio digital);

8 – Relatório do cálculo e ajustamento da poligonal de demarcação do imóvel, quando utilizada esta tecnologia (meio digital);

9 – Planilhas de cálculo com os dados do levantamento, quando utilizado estação total (meio digital);

10 – Cadernetas de campo contendo os registros das observações de campo, quando utilizado estação total (em meio digital);

11 – Declaração de respeito de limites, conforme modelo apresentado no Anexo XIV da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA – 2ª. Versão, obrigatoriamente de natureza pública e registrada em Cartório de Títulos e Documentos da mesma Comarca do imóvel rural, objeto da certificação (original);

12 – Cópia do Certificado de Cadastro de Imóvel Rural – CCIR vigente, devidamente quitado, quando houver;

13 – Formulários da Declaração para Cadastro de Imóveis Rurais, devidamente preenchidos e assinados, de acordo com o Manual de Orientação para Preenchimento da Declaração para Cadastro de Imóveis Rurais;

14 – Cópia da Carteira de Identidade e CPF do proprietário, para ser autenticada pelo servidor do INCRA à vista do documento original.

Observações:

- Quando a documentação for entregue por representante legal, deverá apresentar também a cópia dos documentos do representante legal (Identidade e CPF), bem como a procuração;

- Caso a documentação não esteja completa, o proprietário será notificado e será anexada a cópia da notificação no processo e depois arquivado até sua regularização;

- A notificação poderá ser feita por correio normal ou eletrônico;

4.2 Análise da documentação

A análise da documentação será realizada da seguinte forma:

- a) Inicialmente o técnico responsável pela análise cartográfica fará a consulta no processo de toda a documentação exigida, atentando para o quantitativo de área registrada e área medida, bem como a regularidade dos documentos de domínio apresentados;
- b) Em seguida, consultará a mídia digital e verificará se todos os dados, descritos anteriormente, estão devidamente armazenados;
- c) Os resultados do transporte de coordenadas deverão obrigatoriamente ser ratificados com o processamento pelo PPP, disponibilizado pelo IBGE. Discrepâncias acima de 10cm entre os dados apresentados pelo credenciado e os apresentados pelo PPP, deverão ser investigados com maior profundidade com processamento em software's licenciados no INCRA, e se confirmado a inconsistência, o processo deverá ser arquivado por insuficiência técnica;
- c) Inserir o arquivo digital do perímetro do imóvel no GeoMedia e verificar a ocorrência de sobreposição.
- d) Não havendo sobreposição o técnico irá exportar o perímetro do imóvel para o i3Geo ou outro aplicativo que permita a sobreposição do arquivo vetorial sobre imagens de satélite de alta resolução e/ou cartas topográficas. Nesta fase o técnico irá verificar a regularidade do perímetro com os limites visíveis nos arquivos raster do aplicativo utilizado, principalmente para os trechos em que os limites do imóvel rural são por acidentes naturais. Observado qualquer inconsistência grosseira, o técnico fará a escolha pela notificação do credenciado e proprietário ou decidir se há fato que permita o arquivamento automático do processo pelo cometimento de falha grave, como por exemplo, o total desrespeito à sinuosidade no caminhamento de acidentes naturais que limitam o imóvel;
- e) Não havendo nenhuma inconsistência no perímetro apresentado, o técnico irá proceder à certificação do perímetro.

4.3 Acompanhamento e monitoramento da certificação

Todos os processos de certificação protocolados no INCRA deverão ser registrados no Sistema de Acompanhamento e Monitoramento da Certificação – CertificaWeb, através do técnico responsável pela análise do processo. O sistema permitirá as seguintes facilidades:

- a) Ambiente único de registro e de análise;
- b) Acompanhamento do trâmite do processo pelos interessados via Internet, no site do INCRA no módulo - Portal de Certificação;
- c) Emissão de relatórios gerenciais, melhorando a eficiência e gestão dos processos.

Portanto, nenhum processo de Certificação poderá passar por qualquer alteração (análise, recebimento de documentação, notificação, dentre outros) sem o devido registro no CertificaWeb.

Esta metodologia permite que o profissional que efetuou o trabalho de georreferenciamento, assim como o proprietário do imóvel possam verificar o andamento do processo, dando maior transparência ao processo de certificação.

4.4 Emissão do certificado de imóvel georreferenciado

Caso as peças técnicas não estejam de acordo com a Norma, e a falha não seja algo que prejudique a análise do mérito, o proprietário e o responsável técnico deverão ser notificados pelo Comitê, de acordo com o prazo previsto na Lei 9.784/99, ficando uma cópia da notificação no processo.

Sanadas todas as irregularidades encontradas nas peças técnicas e não ocorrendo sobreposição impeditiva, o arquivo contendo o perímetro do imóvel deverá ser inserido no Banco de Dados Cartográfico do INCRA.

Os dados serão enviados através do Sistema Nacional de Certificação de Imóveis Rurais para o INCRA, na sua sede, em Brasília/DF, onde o Sistema procederá à liberação da Certificação do Imóvel, atribuindo o “número de certificação”.

Depois de emitida a certificação, uma cópia da mesma deverá ser anexada ao processo que será encaminhado ao setor de cadastro para a devida atualização cadastral.

O resultado da análise cadastral e cartográfica deverá ser devidamente registrada no Sistema de Acompanhamento e Monitoramento da Certificação de Imóveis Rurais no INCRA – CertificaWeb e, quando houver, a notificação será enviada por e-mail e publicada no site do INCRA para consulta do interessado.

4.5 Emissão do certificado de imóvel georreferenciado em ações judiciais

A certificação de peças técnicas em processo judicial de usucapião, somente deverá ocorrer após a ação estar transitada em julgado, onde será formalizado processo nos mesmos moldes de uma certificação normal, não sendo necessário a declaração de respeito de limites uma vez que, os mesmos já foram citados judicialmente.

4.6 Divergência entre área constante na matrícula do imóvel e área medida

Na análise das peças técnicas será verificado se o memorial descritivo constante da matrícula, os confrontantes e os acidentes naturais correspondem ao perímetro levantado, tomando os devidos cuidados para que o perímetro a ser certificado de forma alguma, inclua área de posse, área devoluta, terras de domínio público municipal, estadual ou federal, terras indígenas, dentre outras.

Serão avaliados, inicialmente, os seguintes aspectos:

a) Domínio comprovado, portanto, não se admite certificação em que incida área de mera posse, ou seja, é necessário comprovar a propriedade sobre o imóvel, caso contrário, tratando-se de ação judicial, só será analisada a documentação após a ação ter transitado em julgado;

b) Caso ocorra diferença entre a área constante na matrícula do imóvel e a área medida, haverá uma tolerância de até 10% na diferença, a maior, entre a área registrada e a área medida, admitindo-se portanto, que até este limite pode-se atribuir erro na medição que originou a área registrada pela utilização de materiais e métodos que não garantiram a precisão em relação ao avanço tecnológico dos equipamentos atuais. Para áreas medidas acima deste limite o proprietário deverá ser devidamente notificado para que tome as devidas

providências para comprovação de domínio sobre a área excedente ou protocolo de novas peças técnicas com os limites retificados para a área constante na matrícula, no prazo de 30 dias. Decorrido o prazo e não sendo apresentadas as novas peças técnicas, o processo deverá ser arquivado e efetuada a devida notificação.

5 MATERIAIS UTILIZADOS

A execução do levantamento georreferenciado pode ser dividido em duas etapas, de campo e de escritório, as quais requerem equipamentos apropriados para a execução de cada uma das rotinas previstas anteriormente. É necessário verificar com antecedência o serviço que será realizado para que não falem equipamentos. Caso falem equipamentos ou suprimentos, a execução do processo de georreferenciamento demandará mais tempo, podendo exceder o prazo previsto e resultar em prejuízos ao cliente e ao profissional, inclusive culminando no pagamento de multa, se estiver previsto em contrato entre as partes.

A seguir, a lista dos materiais necessários para as etapas de campo e de escritório.

5.1 Em campo

A etapa de campo, que consiste na vistoria do imóvel, implantação dos marcos da base e dos vértices que delimitam o imóvel, como também a coleta de informações junto aos confrontantes e os deslocamentos até as repartições públicas, necessita dos seguintes equipamentos:

1. Veículo:

O veículo utilizado depende das condições do terreno, do acesso aos vértices e do contrato firmado entre as partes. No caso do contratante fornecer um veículo para os deslocamentos no interior do imóvel, como um trator, por exemplo, o veículo utilizado para o transporte dos equipamentos até o imóvel poderá ser normal, sem tração nas quatro rodas. Caso não seja disponibilizado um trator ou outro veículo com tração nas quatro rodas, o

profissional deverá alugar um veículo capaz de transportar os equipamentos e os marcos até o ponto mais próximo dos vértices do imóvel. Outra opção é a utilização de quadriciclos, motocicletas, junta de bois com carreta e cavalo com carreta. No presente trabalho, devido às boas condições do terreno, plano, seco e o fácil acesso aos vértices do imóvel foi utilizado um veículo sem tração nas quatro rodas e com caçamba para carregar os equipamentos;

2. Marco:

O marco mais comum é o de concreto que pesa em torno de 15 Kg e pode ser construído facilmente pelo próprio profissional ou adquirido rapidamente. Para pontos de difícil acesso a melhor opção é o marco de ferro que pesa em torno de 2,5 Kg. Pode-se utilizar ainda marco de granito ou de material sintético.

3. Equipamentos de uso geral

Para implantação dos marcos é necessário utilizar uma pá de corte ou pá “tatu” para escavar o solo até a profundidade adequada. Dependendo do solo, pode-se utilizar uma marreta para gravar o marco de ferro, dispensando a pá. São necessários também equipamentos para podar a vegetação, como facão, serrote e machado. É importante a utilização de roupa adequada, como botas, calças, camisa de manga comprida, chapéu, óculos escuro e protetor solar para proteger da radiação solar, entre outros acessórios.

4. GPS:

O equipamento GPS utilizado depende da metodologia adotada pelo profissional, podendo ser um par de GPS geodésico, ou seja, dupla frequência, ou topográfico, de uma frequência, ou ainda, um receptor GPS geodésico como base para o transporte de coordenadas para o imóvel e um GPS topográfico para medir os vértices do imóvel. Utilizou-se neste trabalho um par de GPS Geodésico, marca Leica, GPS900CS, de 12 canais, dupla frequência, L1 e L2, precisão horizontal de 5mm + 0,5 ppm, estático e precisão vertical de 10mm + 0,5 ppm, estático. Independente do equipamento utilizado deve-se verificar a carga das baterias dos equipamentos e o espaço disponível no cartão de armazenamento dos dados, para que o levantamento não seja interrompido por falta de bateria ou espaço livre.

5.2 No escritório

A etapa de escritório consiste no processamento e análise dos dados coletados em campo e na produção dos relatórios exigidos pela NTGIR, além de outros documentos

necessários para o processo de georreferenciamento. Nesta etapa é necessário um computador com acesso à internet, softwares para descarregar, processar e ajustar os dados coletados em campo por meio do GPS, para edição da planta e elaboração dos relatórios, além de uma impressora. A etapa de escritório, normalmente, é a etapa que mais demora no processo de georreferenciamento devido aos vários relatórios exigidos.

Pode-se considerar como etapa de escritório as pesquisas cartoriais, efetuadas nos registros de imóveis, os deslocamentos até os órgãos ambientais, quando se deseja suprimir parte da vegetação, necessitando autorização deste e também o deslocamento até a sede do INCRA em Porto Alegre para entregar o levantamento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização deste trabalho, que iniciou pela revisão bibliográfica e finalizou com a execução de um levantamento georreferenciado nos padrões exigidos pela NTGIR, cabe ressaltar alguns aspectos importantes, os quais serão abordados a seguir.

6.1 Comparação entre a 1ª e 2ª versões da NTGIR

A primeira versão da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais foi publicada em novembro de 2003 e tinha como objetivo estabelecer um padrão para a execução de levantamentos georreferenciados. A segunda versão da NTGIR entrou em vigor em 04 de março de 2010, estabelecendo o prazo de 30 dias para adaptação aos novos preceitos. Entre as versões existem algumas diferenças, como por exemplo a nova classificação e codificação dos vértices, a materialização dos marcos que delimitam o imóvel, as técnicas de levantamento por GNSS, os requerimentos solicitados e a forma de entrega dos relatórios, entre outros itens. As principais diferenças serão abordadas a seguir, ressaltando-se os aspectos positivos e negativos.

1. Materialização dos vértices

Conforme as duas versões da NTGIR, todo o vértice do imóvel, classificado como marco, deve estar materializado antes do processo de medição, sendo representado por

monumentos artificiais implantados nas divisas do imóvel e também no caso de marco testemunho. Os monumentos podem ser marcos de concreto, granito e material sintético, e no caso dos vértices já monumentalizados por meio de palanque ou mourão, desde que em boas condições de conservação e rigidez, ou rochas aflorantes à superfície do solo, poderão ser aproveitados, e deverão ser identificados por plaqueta de metal com o código do profissional e do vértice. O problema vislumbrado neste item é o tempo de vida útil de um mourão de madeira, que deve ser inferior ao marco de concreto, ferro e rocha. Logo, o profissional deve efetuar um trabalho de qualidade, procurando materializar os marcos com material de maior durabilidade e não aproveitando mourões que são trocados de tempos em tempos para reparação do alambrado.

Outro problema, acrescentado pela 2ª versão é o seguinte: “Se forem aproveitados palanques ou mourões, as plaquetas poderão ser posicionadas no topo ou na lateral dos mesmos, objetivando a conservação da identificação do vértice. No caso da implantação de plaquetas na lateral, a ocupação deverá ocorrer na face da plaqueta”.

O aspecto negativo é a colocação da plaqueta de identificação no topo do mourão ou na lateral, o que torna difícil a re-ocupação desse vértice por parte de outro profissional, já que o mourão costuma ter 1,20m de altura. Deve-se colocar a antena diretamente sobre a placa, no caso do topo ou usar um tripé. A placa na lateral do mourão também não permite a instalação precisa do equipamento.

2. Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Um dos aspectos positivos da presente norma é a possibilidade de adotar o método de PPP para a determinação de vértices das classes C1 (apoio básico/apoio imediato/limite), C4 (limite), C5 (limites naturais) e C7 (limite-uso restrito). A precisão final dependerá do tempo de ocupação de cada vértice. O PPP possibilita a obtenção da posição de um vértice através das observáveis fase da onda portadora coletada por receptores de duas frequências e em conjunto com os produtos do IGS (International GPS Service). O problema é que os dados do IGS, como a órbita precisa e o relógio dos satélites, são fornecidos após treze dias da data do levantamento.

3. Posicionamento relativo rápido estático

A 1ª versão determinava uma linha de base de no máximo 15 km de comprimento, período mínimo de rastreamento de 5 minutos de dados íntegros sem interferência de perdas de ciclos e intervalo de gravação de 5 a 10 segundos. A 2ª versão determinou comprimento máximo da linha de base em 20 km, intervalo de gravação de 1, 5, 10 ou 15 segundos, máscara de elevação com mínimo de 10°, PDOP inferior a 6 e tempo de rastreamento

equivalente ao mínimo para apresentar solução fixa. Dessa forma, ampliou-se o raio de abrangência do levantamento, podendo utilizar uma base implantada num imóvel para medir outros imóveis até o limite de 20 km, além de não fixar tempo de rastreamento, impondo somente a condição de solução fixa.

4. Levantamento dos vértices de limites naturais (C5)

Outro aspecto positivo da atual norma é a ampliação da classificação dos vértices, incluindo os vértices de limites naturais, definidos por acidentes geográficos naturais, tais como corpos d'água, grotas e serras entre outros. A determinação das coordenadas dos vértices que se encontram em limites naturais, na 1ª versão deveria apresentar precisão posicional de no máximo 50 cm, e agora o limite é de até 2,0 m, admitindo-se a solução flutuante quando for utilizado posicionamento GNSS. Deve-se ressaltar que independente do método, clássico ou por posicionamento GNSS ou misto, deve-se prever a propagação das covariâncias desde as coordenadas dos vértices de referência do SGB.

5. Levantamento dos vértices restritos ou inacessíveis (C7)

Outra novidade da 2ª versão da NTGIR é a inclusão de vértices restritos ou inacessíveis. É considerado vértice restrito aquele localizado em floresta densa ou protegida por Lei, a qual não pode ser suprimida para desobstruir o horizonte para o rastreamento de satélites. No caso dos vértices que delimitam o imóvel estarem contidos em áreas de preservação permanente, deverá o profissional credenciado consultar o órgão ambiental competente sobre a supressão vegetal de baixo impacto, necessário para a realização do levantamento georreferenciado. É considerado vértice inacessível aquele localizado em região impedida para levantamento topográfico e geodésico em função da existência de obstáculos físicos ao percurso, por qualquer meio, de uma equipe de campo.

Portanto, deparando-se com vértices que se enquadram na situação acima descrita, o profissional deverá consultar o Comitê Regional do INCRA, obtendo o consentimento, poderá efetuar o levantamento desses vértices de acordo com a metodologia que proporcionar a melhor precisão posicional, sendo os resultados de sua inteira responsabilidade.

6. Planta

A planta apresentada na 2ª versão da NTGIR apresenta significativas mudanças em relação à 1ª versão. Foram suprimidas as seguintes informações:

- Indicação do Norte dentro da área de quadrícula;
- Escala gráfica;

- Uso das letras N de Norte e E de Leste na quadrícula da planta;
- Tabela de coordenadas, distâncias e área.

A retirada dos itens acima representa menos tempo gasto para a elaboração da planta, tornando o serviço de escritório mais rápido. Entretanto, a retirada dos itens acima descritos pode comprometer a interpretação da planta por parte de outros profissionais.

6.2 Custos e honorários do levantamento georreferenciado

Um dos principais aspectos é a relação custo benefício, tanto para quem contrata, como para o profissional que executa o serviço. Normalmente, o cliente contrata o profissional para executar o levantamento georreferenciado, pois necessita regularizar o seu imóvel em função de um empréstimo que deseja contrair ou em face da venda do imóvel para terceiro. Por livre e espontânea vontade, dificilmente, alguém contrata o profissional para regularizar o seu imóvel, ou seja, existem outros interesses envolvidos na regularização do imóvel. Por conta desse aspecto, um dos primeiros itens que o cliente avalia para a contratação do profissional é o valor do serviço.

O valor do levantamento georreferenciado deverá levar em conta os seguintes aspectos:

- Situação da documentação do imóvel (necessita ou não de regularização);
- Número de vértices que deverão ser materializados e medidos;
- Número de vértices que deverão ser apenas medidos e não materializados;
- Facilidade/dificuldade de acesso aos vértices que devem ser medidos;
- Extensão e relevo do imóvel;
- Marco de concreto, ferro ou granito;
- Tempo gasto em campo e no escritório;
- Materiais de escritório (planta, relatórios, CD)
- Taxa de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART);
- Deslocamentos dentro do imóvel, até o registro de imóveis, confrontantes, cliente, INCRA e escritório;
- Hotel, alimentação e equipe;

A partir desses itens, o profissional calculará o valor do serviço e acrescentará sua margem de lucro, chegando ao valor final do levantamento.

Alguns profissionais adotam a seguinte fórmula para o cálculo dos custos e honorários:

$$\text{Valor total do serviço: } 1,5 \times \text{SMN} \times (A)^{1/2} \quad (85)$$

Onde:

SMN: Salário Mínimo Nacional

A: Área do imóvel em hectares

O método adotado dependerá de cada profissional, mas, recomenda-se analisar cada etapa do levantamento para não correr o risco de arcar com prejuízo no final do serviço.

Além desses custos, há ainda os custos do Registro de Imóveis, que são os seguintes:

- Busca de matrícula na sua base de dados (livros): R\$ 5,10 por matrícula;
- Certidão: Depende da finalidade;
- Processamento eletrônico de dados: R\$ 2,60;
- Selo Faixa I: R\$ 0,20;
- Selo Faixa II: R\$ 0,30;
- Selo Faixa III: R\$ 0,40;
- Selo Faixa IV: R\$ 0,50;
- Emolumentos: Depende do serviço;

Normalmente, os custos do Registro de Imóveis são por conta do cliente. É necessário recorrer ao Registro de Imóveis no início do serviço de georreferenciamento para verificar a situação das matrículas, solicitando uma matrícula atualizada, a qual custará em torno de R\$ 12,30 por página. A busca, o processamento eletrônico de dados, os selos, emolumentos e outras etapas são procedimentos do Registro de Imóveis, regulados pela Lei 6.015/73, entre outras leis. Os valores apresentados se referem ao mês de junho de 2010.

6.3 Resultados obtidos

Inicialmente verificou-se a situação da matrícula do imóvel, através de uma matrícula atualizada emitida pelo Registro de Imóveis da Comarca de Mostardas/RS. Como a matrícula estava correta, sem descrições imprecisas, foi efetuado o reconhecimento do perímetro do imóvel, das estradas de acesso interno, das faixas de domínio e das instalações

para a equipe de campo. A partir desses aspectos, foi calculado o custo total do levantamento da seguinte forma:

- Certidão atualizada: R\$ 12,30 (doze reais e trinta centavos);
- Quatro vértices materializados e medidos, de ferro, ao custo unitário de R\$ 33,00, totalizando R\$ 132,00 (cento e trinta e dois reais);
- Custo do hotel e alimentação para dois dias: R\$ 180,00 (cento e oitenta reais)
- Custo de deslocamento de Porto Alegre a Tavares, ida e volta, incluindo pedágio: R\$ 100,00 (cem reais);
- Valor da ART: R\$ 31,50 (trinta e um reais e cinquenta centavos);
- Impressão de uma planta tamanho A1: R\$ 15,00 (quinze reais);
- CD para entrega dos dados: R\$ 1,50 (um real e cinquenta centavos);
- Aluguel de um par de GPS L1/L2 para 2 dias: R\$ 560,00 (quinhentos e sessenta reais);
- Averbação da Certificação no Registro de Imóveis: R\$ 154,00 (cento e cinquenta e quatro reais);

Logo, o custo do levantamento georreferenciado, sem considerar as horas de processamento, análise dos dados e elaboração dos relatórios, foi de: R\$ 1.186,30 (um mil cento e oitenta e seis reais e trinta centavos). Considerando a hora de trabalho do engenheiro em torno de R\$ 50,00 reais, os serviços de campo e de escritório somaram 30 horas de trabalho, sendo 10 horas de campo e 20 de escritório, e os deslocamentos 7 horas, totalizando 37 horas de serviço, ou seja, o valor de R\$ 1.850,00 (um mil oitocentos e cinquenta reais).

Portanto, o valor total do serviço de georreferenciamento do presente imóvel foi de R\$ 3.036,30 (três mil e trinta e seis reais e trinta centavos), sendo 39,07% do valor total referente ao aluguel dos equipamentos, deslocamentos, estada e alimentação.

Além dessa análise, os resultados obtidos pelo método de posicionamento relativo estático rápido, a partir de uma única base implantada dentro do imóvel, apresentaram o mesmo valor das coordenadas determinadas através do ajustamento de observações a partir de duas bases implantadas dentro do imóvel. O ajustamento de observações visa reduzir a incerteza sobre a localização de determinada coordenada, amarrando-a a dois ou mais pontos conhecidos, diminuindo seus graus de liberdade. Entretanto, o resultado foi o mesmo pelos dois métodos acima descritos. Uma das possibilidades do resultado ter sido o mesmo, ou seja, coordenadas dos vértices iguais tanto para o posicionamento relativo estático rápido, como para o ajustamento de observações, foi o fato do comprimento da linha de base ser curto, em torno de 1.900,00 m e pela geometria das bases implantadas no imóvel não contribuir de

forma significativa para o ajustamento, pois foram instaladas próximas umas das outras, em torno de 800,00 m.

O procedimento adotado no levantamento georreferenciado deve levar em conta as características do imóvel, a sua extensão e a confiabilidade dos resultados. O profissional é responsável pelo serviço que executa e deve dominar as técnicas de levantamento, escolhendo uma ou outra conforme a situação. Além do conhecimento exigido para o processo de georreferenciamento, o profissional deve trabalhar com equipamentos aferidos, melhorando a qualidade dos resultados.

6.4 A importância do Engenheiro Cartógrafo para o futuro do Brasil

O Brasil possui em torno de 5 milhões de imóveis rurais, dos quais somente 20 mil já foram certificados, ou seja, somente 0,4% do total. O Engenheiro Cartógrafo possui um papel fundamental na regularização rural e urbana, atuando desde a concepção da técnica de coleta de dados, do levantamento em campo, do processamento e análise dos dados até a confecção do produto final, geralmente a planta e seus relatórios.

Para o pleno desenvolvimento do Brasil, das Unidades Federativas e Municipais, é necessário investir em educação e infraestrutura, entre outros aspectos. A expansão da infraestrutura é de vital importância para a economia e educação, pois, através de estradas, hidrovias e ferrovias, os bens móveis são transportados, gerando renda e movimentando os mercados internos e externos. Para a construção de obras públicas, como escolas, universidades, hospitais, é necessário regularizar a área sobre a qual serão construídas, exigindo a atuação de profissionais qualificados, entre os quais, destaca-se o Engenheiro Cartógrafo.

O desenvolvimento da infraestrutura é uma das áreas de atuação do Engenheiro Cartógrafo, o qual poderá atuar na demarcação de áreas particulares e públicas, locação de estradas, ferrovias, levantamentos planialtimétricos e georreferenciados, batimetria, entre outras etapas essenciais para a concretização dessas obras. A maior parte das atividades também exige licenciamento ambiental, que necessita de dados planialtimétricos, informações georreferenciadas e cadastro de benfeitorias, além de outras informações, abrindo-se mais um mercado de atuação.

Portanto, cabe ao Engenheiro Cartógrafo planejar, organizar, especificar a metodologia, projetar, dirigir e fiscalizar a execução de levantamentos topográficos,

geodésicos, batimétricos, gravimétricos, fotogramétricos, interpretações de imagens para elaboração de cartas e a preparação do material para a impressão com símbolos, legendas, formatos e cores, de forma que os dados coletados em campo possam ser interpretados através de mapas, servindo de base para várias outras aplicações.

Cabe ao profissional manter-se atualizado para executar de forma correta os levantamentos solicitados, atingindo as precisões que cada situação exige, atuando com ética e competência no desenvolvimento de suas atribuições, contribuindo para o futuro do Brasil e para sua realização profissional e pessoal.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 6.015, de 31 de dezembro de 1973. **Dispõe sobre os registros públicos e dá outras providências.** Brasília, DF: Senado, 1973.

BRASIL. Lei n. 10.267, de 28 de agosto de 2001. **Altera dispositivos da Lei n. 4.947**, de 6 de abril de 1966, da **Lei n. 5.868**, de 12 de dezembro de 1972, da **Lei 6.015**, de 31 de dezembro de 1973, da **Lei 6.739**, de 5 de dezembro de 1979, da **Lei 9.393**, de 19 de dezembro de 1996 e dá outras providências. Brasília, DF: Senado, 2001.

BRASIL. Lei n. 10.931, de 02 de agosto de 2004. **Altera a Lei n. 6.015**, de 31 de dezembro de 1973. Brasília, DF: Senado, 2004.

BRASIL. Decreto n. 4.449, de 30 de outubro de 2002. **Regulamenta a Lei n. 10.267**, de 28 de agosto de 2001. Brasília, DF: Senado, 2002.

BRASIL. Decreto n. 5.570, de 31 de outubro de 2005. **Dá nova redação a dispositivos do Decreto n. 4.449**, de 30 de outubro de 2002. Brasília, DF: Senado, 2005.

COSTA, S.M.A., SILVA, A.L. Análises e resultados do centro de processamento SIRGAS – IBGE. In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife – PE, 8-11 de setembro de 2008. p 000-000.

DE JONGE, P.; TIBERIUS, C.C.J.M.. The Lambda method for integer ambiguity estimation: implementation aspects, T.U. Delft-internal report, Delft, 1996.

EL-RABBANY, A. GPS: The Global Positioning System. Publisher: Artech House Publishers; 1st Ed., 2002. 196p.

FDA. Federal Aviation Administration. GPS Navigation Services. Disponível em: <http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/howitworks/>. Acesso em: 24 jun. 2010.

GEMAEL, C. Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas. Curitiba: Ed. da UFPR, 1994. 319p.

GEMAEL, C. Introdução à Geodésia Física. Curitiba: Ed. da UFPR, 1999. 302p.

GEMAEL, Camil; Andrade, José Bitencourt de. Geodésia Celeste. Curitiba. Ed. da UFPR, 2004, 389p.

GHILANI, Charles D. Adjustment computations: spatial data analysis. 4th ed. New York: John Wiley, 2006. 611p. 1 CD-ROM

IBGE. Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo. BRASIL: 2010. Apresenta informações a respeito das estações da rede de estações GPS de monitoramento contínuo do IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.sht>>. Acesso em: 24 jun. de 2010.

IBGE-PPP. Posicionamento por Ponto Preciso. BRASIL: 2010. Apresenta informações a respeito do método de Posicionamento por Ponto Preciso. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/default.shtm>>. Acesso em: 24 jun. de 2010.

IERS. International Earth Rotation and Reference Systems Service. Disponível em: <<http://www.iers.org/IERS/EN/IERSHome/home.html>>. Acesso em 24 jun. 2010.

IGS. International GNSS Service. IGS Products. 2010. Disponível em: <<http://igsb.jpl.nasa.gov/>>. Acesso em 24 jun. 2010.

IRIB. Instituto de Registro Imobiliário do Brasil. Conceito de imóvel rural. Disponível em: <http://www.educartorio.com.br/docs_Iseminario/ConceitodeImovelRuralparaGeorreferenciamento_EduardoAugusto.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2010.

ITRF. International Terrestrial Reference Frame. Apresenta informações gerais a respeito da definição do ITRF. Disponível em: < <http://itrf.ign.fr/general.php> / >. Acesso em: 24 jun. 2010.

KOUBA, J.; HÉROUX, P. GPS Precise Point Positioning using IGS Orbit Products. GPS Solutions, v.5, n.º.2, 2000.

KOUBA, J. Implementation and testing of the gridded Vienna Mapping Function 1 (VMF1). Journal of Geodesy, v.82, p.193-205, 2007.

LANGLEY, R. B. Propagation of the GPS signal. In: TEUNISSEN, P. J. G.; KLEUSBERG, A. GPS for Geodesy. 2nd. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1998. Cap.3,p.111-149.

LEICK, A. GPS satellite surveying. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 560p.

LEICK, A. GPS satellite surveying. 3.ed. United States: John Wiley, 2004. 435p.

LIAO, X. Carrier phase based ionosphere recovery over a regional área GPS network. 2000. 120p. M.Sc. thesis – Department of Geomatics Engineering. UCGE Report n°.20143, The University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada.

LIMA, O.P., LIMA, R.F.P. Localização geodésica da linha da preamar média de 1831 – LPM/1831, com vistas à demarcação dos terrenos de marinha e seus acrescidos. In: XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, Belo Horizonte – MG, 29 de setembro a 3 de outubro de 2003. Disponível em: < http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/024-G05.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2010.

MATSUOKA, M. T. Avaliação de funções para modelagem do efeito da refração ionosférica na propagação dos sinais GPS. 2003. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2003.

MATSUOKA, M. T.; Camargo, P. O. Cálculo do TEC usando dados de receptores GPS de dupla frequência para a produção de mapas da ionosfera para a região brasileira. Revista Brasileira de Cartografia. Rio de Janeiro, n.56/01, p. 14-27, jul. 2004.

MATSUOKA, M. T. *Influência de diferentes condições da ionosfera no posicionamento por ponto com GPS: Avaliação na região brasileira.* 2007. 263 f. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007.

MONICO, J. F. G. High precision inter-continental GPS network, PhD. Thesis, University of Nottingham, 1995.

MONICO, J. F. G. *Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações.* Unesp: São Paulo. 2000. 287p.

MONICO, J. F. G. Ajustamento das observáveis GPS no contexto de posicionamento geodésico. 2005. 275 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

MONICO, J. F. G. Fundamentos matemáticos envolvidos na realização do ITRS. Curitiba: Boletim de Ciências Geodésicas, v. 12, n°.2, p.337-351, 2006.

MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. 2.ed. São Paulo: UNESP, 2008. 476p.

PESTANA, A. Sistema de Posicionamento Global, Navstar/GPS. Instituto Superior de Engenharia do Porto, cidade do Porto, Portugal. Disponível em: <http://navstar.idt.ipp.pt/Acetatos/navstar_2002.pdf>. Acesso em 24 jun. 2010.

Portaria INCRA/P/nº69, de 22 de fevereiro de 2010. Estabelece a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, 2ª Edição. Brasília, DF. MDA, 2010.

Resolução IBGE/PR/ nº01, de 25 de fevereiro de 2005. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro, institui o SIRGAS2000 e define os Parâmetros de Transformação entre este Sistema e o Sistema SAD69.

SAASTAMOINEM, I.I. Contribution to the theory of atmospheric refraction. Bulletin Géodésique, v.107, p.13-34, 1973.

SEEBER, G. *Satellite Geodesy: Foundations, methods and applications*. Berlin-New York: Walter de Gruyter, 1993. 531p.

SEEBER, G. *Satellite Geodesy: Foundations, methods, and applications*. 2.ed. New York: Walter de Gruyter, 2003. 589p.

THUM, A.B. et al. Topografia para estudantes de arquitetura, engenharia e geologia. São Leopoldo, Ed. da UNISINOS, 2005. 198p.

TIMBÓ, M. A.. Levantamentos através do Sistema GPS. Belo Horizonte, MG. Departamento de Cartografia da UGMF. 2000. 34p.

USNO, United States Naval Observatory. USNO NAVSTAR Global Positioning System Information. Disponível em: < <http://www.usno.navy.mil/USNO/time/gps/gps-info#cap> >. Acesso em: 24 jun. 2010.

VANICEK, P.; KRAKIWSKY, E. J. Geodesy: The Concepts. 2nd edition, Amsterdam, New York, Oxford, Tokio: Elsevier Science Publishers B. V., 1986. 297p.

WELLS, D.; BECK, N.; DELIKARAOGLOU, D.; KLEUSBERG, A.; KRAKIWSKY, E. J.; LACHAPPELL, G.; LANGLEY, R. B.; NAKIBOGLU, M.; SCHWARZ, K. P.;

TRANQUILLA, J. M.; VANICEK, P. Guide to GPS positioning. Fredericton: Canadian GPS Associates, 1986.

ANEXO A – Modelo de requerimento - Pessoa jurídica

Ao INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA
 Superintendência Regional de (nome do estado) SR- (nº da Superintendência)
 Comitê Regional de Certificação

Senhor Superintendente,

Eu, _____, residente à rua _____, n.º _____, cidade, UF, CEP _____, Cédula de Identidade RG n.º _____, CPF n.º _____, e-mail: _____, neste ato representando a Empresa _____, CNPJ n.º _____ proprietária do imóvel rural denominado _____, inscrito no Cartório de Registro de Imóveis da Comarca de _____ sob a(s) matrícula(s) _____, cadastrado no INCRA sob o código n.º _____, vem por meio deste, requerer de V. S^a., a Atualização Cadastral e a Certificação das Peças Técnicas – planta e memorial descritivo – decorrentes dos serviços de georreferenciamento do citado imóvel, em atendimento ao que estabelece o § 1º, artigo 9º do Decreto N.º 4.449/02.

Cidade – UF, ____ de _____ de ____.

 Proprietário do Imóvel (Firma reconhecida)

Eu _____, residente à rua _____, n.º _____, cidade, UF _____, CEP _____, RG n.º _____, CPF _____ e-mail: _____, credenciado no INCRA com o código.....declaro que os serviços de georreferenciamento foram executados de acordo com a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA 2ª Edição, aprovada pela Portaria n.º 69/2010 e devidamente conferidos onde, **assumo todas as responsabilidades** administrativa, civil e criminal das informações técnicas prestadas, conforme previsto na Legislação Brasileira e perante ao Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia CREA de acordo com a Anotação de Responsabilidade Técnica ART n.º _____.

Cidade – UF, ____ de _____ de ____.

 Credenciado no INCRA
 (Firma reconhecida)

ANEXO B – Declaração de reconhecimento de limite

DECLARAÇÃO DE RESPEITO DE LIMITES

Eu, _____, RG _____, CPF _____, proprietário do imóvel rural denominado _____, matrícula(s) n°(s) _____, cadastrado no INCRA sob código _____, e eu, _____, CREA _____, credenciado pelo INCRA sob o código _____, declaramos sob as penas da Lei que quando dos trabalhos topográficos executados na citada propriedade **foram respeitados os limites de "divisas in loco"** com os confrontantes abaixo relacionados, **não havendo qualquer litígio entre as partes.**

Confrontantes:

Nome Imóvel rural	Matrícula(s)/ Transcrição(ões)	Comarca	Nome Proprietário

Cidade – UF, ____ de _____ de ____

Proprietário do Imóvel Georreferenciado

(FIRMA RECONHECIDA)

Profissional Credenciado

Qualificação profissional, CREA n.º _____

Código de Credenciamento junto ao INCRA _____

(FIRMA RECONHECIDA)

Anexos:

Planta do Imóvel _____

Memorial Descritivo do Imóvel _____

ANEXO C – Modelo do documento de certificação

**MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO - MDA
INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO INCRA NO ESTADO DE - SR (00)**

Processo nº:	Área (ha):
Proprietário:	Código SNCR:
Imóvel:	ART nº/CREA nº
Matrícula/Transcrição:	Responsável Técnico:
Comarca:	Código do Credenciado:
Município:	

CERTIFICAÇÃO Nº _____

1 - Certificamos que a poligonal que define os limites do imóvel rural acima mencionado, não se sobrepõe, nesta data, a nenhuma outra poligonal constante de nosso cadastro georreferenciado, e ainda, conforme declarado pelo responsável técnico....., credenciado no INCRA sob o Código, os trabalhos foram executados de acordo com a Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA 2ª Edição, aprovada pela Portaria nº69/2010.

2 – Esta certidão não implica em reconhecimento do domínio sobre o polígono certificado, na exatidão dos limites e confrontações a ele vinculados e nem exime o proprietário e o responsável técnico pela execução dos trabalhos técnicos, da total responsabilidade pelas informações prestadas.

Cidade – UF, ____ de _____ de ____.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Membro do Comitê Responsável pela Análise Técnica

Ordem de Serviço SR/00/ n.º 00

Código de Credenciamento junto ao INCRA : xxx

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Presidente do Comitê Regional de Certificação

Ordem de Serviço SR/00/ n.º 00

Código de Credenciamento junto ao INCRA : xxx

ANEXO D – Esclarecimentos do Comitê de Certificação Regional do INCRA

Em virtude de dúvidas a respeito da 2ª Ed. da NTGIR, foi enviado um e-mail para o Comitê de Certificação Regional do INCRA, que respondeu as seguintes questões:

1) Item 5.4.6 – Posicionamento por Ponto Preciso

Por que não é permitido utilizar o método de PPP para determinar vértices da classe C2?

Resp: - O item 5.1, considerações da norma diz o seguinte: " os métodos de levantamento apresentados devem ser observados como ferramentas para atingir a precisão necessária estabelecida no cap. 2 - Padrões de Precisão". A classificação de um vértice em classes: C1, C2, C3, C4, C5 e C7 diz respeito a níveis de precisão. Vértice da classe C2 possui nível de precisão = ou < que 20,00cm. Essa classe de vértice pode ser aceita tanto para a finalidade de apoio à poligonal topográfica quanto para vértices de perímetro, ambos, vértices tipo M de "materializado".

No item 5.6.2 - Levantamento de Vértices de Apoio à Poligonal (C2), por métodos de posicionamento GNSS, a norma é enfática e diz: " a determinação de vértices da classe C2 por método de posicionamento GNSS, (aqui se referindo ao vértice de apoio à poligonal), deverá se apoiar diretamente em vértices distintos da classe C1 ou vértices de referência do SGB... São admitidas as técnicas de posicionamento relativo estático e relativo estático rápido e, nestes casos, as coordenadas deverão ser obrigatoriamente obtidas por meio do ajustamento de no mínimo dois vetores independentes.

Conforme o item acima, "...para que o resultado seja aceito é necessário verificar se os valores dos resíduos (RMS) publicados no relatório resultante estão dentro dos padrões aceitáveis". Qual é o padrão aceitável? Há uma tabela para verificar?

Resp: Os padrões aceitáveis são as precisões apresentadas na tabela 1 do capítulo 2 - Padrões de Precisão.

Ainda, o item 5.8.2, alínea e) Posicionamento por Ponto Preciso, item 5.4.6 e características técnicas da Tabela 15, determina que o sigma da latitude e longitude deverão ficar abaixo de 0,353m para cada componente. Portanto, para que o resultado informado pelo

PPP IBGE seja válido, é necessário verificar os resíduos (RMS) ou as componentes da Latitude e Longitude, ou ambos?

Resp: Na norma oficial a tabela 15 se refere a levantamento de Vértices de Limites Naturais (C5).

O item 5.8.2, da norma oficial, trata do Levantamento dos Vértices de Perímetro (C4) por métodos de posicionamento GNSS.

Na alínea e) Posicionamento por Ponto Preciso, item 5.4.6 e características técnicas a seguir desse item diz "...O tempo de rastreamento deverá ser suficiente para assegurar o alcance dos parâmetros estabelecidos na tabela 1".

2) Item 5.4.3 – Posicionamento relativo estático rápido

No item 5.4.3 determina tempo de ocupação de 5 a 30 minutos e no item 5.6.2, tabela 10, o tempo de rastreamento deve ser o mínimo para solução fixa, ou seja, não estabelece tempo. Logo, na determinação das coordenadas dos vértices do perímetro do imóvel, qual tempo deve ser adotado (5 min ou o mínimo para solução fixa)?

Resp: Pode seguir o que especifica a tabela 10, tempo de rastreamento mínimo para solução fixa. Porém, não se esqueça que o comprimento de linha de base para esse tipo de posicionamento deve ser de no máximo 20 km.

3) Item 5.8.2 alínea b) Posicionamento relativo estático rápido (item 5.4.3) e características técnicas da tabela 12:

De acordo com o item 5.4.3, o período de rastreamento é de 5 a 30 minutos para o método relativo estático rápido, mas, conforme a tabela 12, para vértices da classe C4, não há tempo mínimo de rastreamento, somente o necessário para obter solução fixa. Logo, qual tempo prevalece (5 minutos ou o mínimo para solução fixa)?

Resp: A tabela 12 da norma oficial se refere a Levantamento de Vértices de Perímetro (C4) - Características técnicas para posicionamento relativo estático rápido. O tempo de rastreamento é o especificado na referida tabela: mínimo para solução fixa. Mas, segue a orientação anterior quanto ao comprimento da linha de base: máximo de 20 km.

4) Item 5.4.2 – Posicionamento relativo estático

Qual o intervalo (tempo de rastreamento de uma sessão) entre as sessões de rastreamento, considerando um ponto com comprimento de linha de base de 100 a 500 km das estações da RBMC? Por que são necessárias duas sessões? Exigi-se efemérides precisas, mas somente 13

dias após a data do rastreo estarão disponíveis, retardando a execução do serviço. Mesmo assim, é necessário adota-las no processamento dos dados?

Resp: O intervalo entre as seções de rastreo deve ser o necessário para que haja mudança na constelação dos satélites. A repetição de sessão é necessária para a comprovação da acurácia e garantir maior confiabilidade no resultado do levantamento. Para linhas de base maiores que 100 km é necessário sim, a adoção das efemérides precisas.

ANEXO E – Planta do imóvel