

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOMÁTICA**

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE TRANSFORMAÇÃO
DE COORDENADAS GEODÉSICAS PARA O PLANO
TOPOGRÁFICO LOCAL UTILIZANDO OS SOFTWARES
TRANSGEOLocal, TOPOEVN, POSIÇÃO E O APLICATIVO
TRANSFORMAÇÃO PLANA**

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO

Fabiano de Vargas Gregorio

**Santa Maria, RS, Brasil
2013**

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE TRANSFORMAÇÃO
DE COORDENADAS GEODÉSICAS PARA O PLANO
TOPOGRÁFICO LOCAL UTILIZANDO OS SOFTWARES
TRANSGEOLocal, TOPOEVN, POSIÇÃO E O APLICATIVO
TRANSFORMAÇÃO PLANA**

por

Fabiano de Vargas Gregorio

Monografia de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Geomática, Área de concentração Tecnologia da Geoinformação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Geomática**.

Orientador: Prof. MS. Argentino José Aguirre

**Santa Maria, RS, Brasil
2013**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Geomática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Monografia
de Conclusão de Curso

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE TRANSFORMAÇÃO DE
COORDENADAS GEODÉSICAS PARA O PLANO TOPOGRÁFICO
LOCAL UTILIZANDO OS SOFTWARES TRANSGEOLocal,
TOPOEVN, POSIÇÃO E O APLICATIVO TRANSFORMAÇÃO PLANA**

elaborado por
Fabiano de Vargas Gregorio

como requisito parcial para obtenção do grau de
Especialista em Geomática

Comissão Examinadora:

**Argentino José Aguirre, MSc.
(Presidente/Orientador)**

Gelson Lauro Dal' Forno, Dr.

Fernando Luis Hillebrand, MSc.

Santa Maria, 2 de abril de 2014.

RESUMO

Monografia de Conclusão de Curso
Programa de Pós-Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS GEODÉSICAS PARA O PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL UTILIZANDO OS SOFTWARES TRANSGEOLocal, TOPOEVN, POSIÇÃO E O APLICATIVO TRANSFORMAÇÃO PLANA

AUTOR: FABIANO DE VARGAS GREGORIO

ORIENTADOR: ARGENTINO JOSÉ AGUIRRE

Data e local da defesa: Santa Maria RS, 13 de Setembro de 2013

Em diversas situações e oportunidades de trabalho ocorre a possibilidades e muitas vezes a necessidade da integração entre equipamentos e metodologias que envolvem conceitos de Topografia clássica e conceitos de Geodésia, principalmente com a utilização de rastreadores de satélites (GNSS) destinados para esta finalidade. Em levantamentos onde existem restrições como cobertura arbórea, ou mesmo, por necessidades específicas dos trabalhos é necessário o emprego de técnicas convencionais de Topografia aliada a equipamentos e metodologias da Geodésia por satélite. Portanto, não basta conhecer as coordenadas geodésicas dos vértices, é necessário conhecer suas correspondentes no Plano Topográfico Local. Nestes casos precisa-se realizar a transformação entre os distintos sistemas para concretização dos objetivos almejados. Um caso típico é o georreferenciamento de imóveis rurais introduzido pela Lei 10.267 que tem por preceito realizar a descrição única e inequívoca dos imóveis rurais no Brasil, propiciando segurança jurídica quanto as suas descrições de localizações e os respectivos limites dos imóveis, acabando com matrículas em duplicidade. As descrições destas novas matrículas devem estar georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e com precisão posicional fixada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). O presente trabalho visa comparar diferentes aplicativos de transformações de coordenadas geodésicas em coordenadas no plano topográfico local. Foram empregados os softwares Transgeolocal, TopoEVN, Posição e o aplicativo Transformação Plana do sistema SmartWorks da Leica. Conclui-se que, ocorrem diferenças entre os aplicativos, sendo o software Transgeolocal o que apresenta as menores discrepâncias e o software Posição o que apresenta as maiores diferenças, porém todos os sistemas atendem a Norma Técnica imposta pelo INCRA quanto à precisão dos dados.

Palavras-Chave: Georreferenciamento de imóveis rurais; Plano topográfico local; Transgeolocal; TopoEVN; Posição; transformação plana.

ABSTRACT

Dissertation of Master's Degree
Graduate Program in Geomatics
Federal University of Santa Maria

AUTHOR: FABIANO DE VARGAS GREGORIO
ADVISER: ARGENTINO JOSÉ AGUIRRE

Date and Place of Defence: Santa Maria/RS, September 13, 2013.

In different situations and work opportunities occurs possibilities and often the need for integration between devices and methodologies that involve concepts of Surveying and classical concepts of geodesy, especially with the use of satellite (GNSS) tracking designed for this purpose. In surveys where there are restrictions such as tree cover, or even for specific needs is necessary to use conventional techniques of Surveying coupled with equipment and methods of satellite geodesy. So do not just know the geodetic coordinates of the vertices, it is necessary to know their counterparts in local topographical. In these cases one needs to perform the transformation between the different systems to achieve the desired goals. A typical case is the georeferencing rural properties introduced by Law 10,267 which has by precept perform unique and unambiguous description of the rural properties in Brazil, providing certainty as their descriptions of their locations and boundaries of the property, removing duplicate registrations . The descriptions of these new registrations must be georeferenced to the Brazilian Geodetic System and positional accuracy set by the National Institute of Colonization and Agrarian Reform (INCRA). This work aims to compare different applications of coordinate transformations geodetic coordinates into local topographical. Were employed software Transgeolocal, TopoEVN, position and application Plana Transformation System SmartWorks Leica. We conclude that differences occur between applications, and software Transgeolocal which presents the smallest discrepancies and position the software that presents the biggest differences, however all systems meet the Technical imposed by INCRA as to the accuracy of the data.

Key words: Cadastral Reference Network; NBR 14166; Local topographical surface; Transgeolocal.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Monografia do marco de origem PMSM-M17	58
Anexo 2 - Relatório de ajustamento das observações do Software Leica Geo Office 8.3.....	59
Anexo 3 - Monografias dos marcos utilizados no trabalho.....	60

LISTA DAS FIGURAS

Figura 1 - Determinação das coordenadas pelos sistemas de navegação por satélite.....	14
Figura 2 - Problema direto da Geodésia.....	16
Figura 3 - Problema inverso da geodésia.....	16
Figura 4 – Esquema de posicionamento RTK.....	26
Figura 5 - Marco e chapa de identificação.....	28
Figura 6 - Área formada pelos marcos.....	29
Figura 7 – Equipamento GNSS Leica Viva GS15.....	31
Figura 8 - Formato de entrada de dados de marcos no Transgeolocal.....	33
Figura 9 - Formato de entrada e saída dos dados no software Posição.....	34
Figura 10 - Base de apoio para levantamento dos demais marcos.....	35
Figura 11 – Marcos utilizados para definir o Plano Topográfico Local pelo método Transformação Plana RTK.....	37
Figura 12 - Sobreposição dos polígonos formados pelos marcos de definição do Plano Topográfico Local pelo método Transformação Plana RTK e dos marcos da Rede Municipal.....	38
Figura 14 – Gráfico das discrepâncias horizontais no marco PMSM-M19.....	46
Figura 15 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco PMSM-M20.....	47
Figura 16 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco PMSM-M57.....	47
Figura 17 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco IBGE-1792G.....	48
Figura 18 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco UFSM-M003.....	49
Figura 19 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco UFSM-M19.....	50
Figura 20 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco PMSM-M07.....	50
Figura 21 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco PMSM-M10.....	51

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1 – Classificação de estações totais	23
Tabela 2 – Classificação dos vértices quanto a finalidade, precisão e tipo	23
Tabela 3 - Coordenadas topográficas oficiais da rede municipal.....	30
Tabela 4 – Comparação das coordenadas oficiais com as coordenadas obtidas pelo Transgeolocal.....	41
Tabela 5 – Comparação das coordenadas oficiais com as coordenadas obtidas pelo software Posição.....	42
Tabela 6 – Comparação das coordenadas oficiais com as coordenadas obtidas com o software TopoEVN.....	43
Tabela 7 – Comparação das coordenadas oficiais com as coordenadas obtidas com a Transformação Plana com RTK.....	44
Tabela 8 - Tabela da média dos tratamentos	52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Plano Topográfico Local	13
2.2 Transformação de Coordenadas Geodésicas em Topográficas	14
2.2.1 Método de Puissant	15
2.2.2 Matriz de translação e rotação.....	19
2.3 Precedentes do georreferenciamento de imóveis rurais no Brasil	20
2.3.1 A Lei 10.267/2001, o decreto 4.449/2002, o decreto 5.570/2005 e o decreto 7.620/2011.	21
2.3.2 Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis rurais.	22
2.4 Sistema Navegação por satélites – GNSS	24
2.4.1 Rastreadores RTK.	25
2.5 Definição de exatidão, precisão, erro verdadeiro e erro relativo	26
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Área de estudo	28
3.1.1 Coordenadas topográficas dos marcos da Rede Municipal.....	30
3.2 Equipamento GNSS utilizado	30
3.3 Softwares de transformação de coordenadas geodésicas para o Plano Topográfico Local	32
3.3.1 Transgeolocal	32
3.3.2 Sistema Topográfico Posição	33
3.3.3 Sistema Topográfico TopoEVN	34
3.4 Método de levantamento das coordenadas dos marcos	34
3.5 Métodos para Definir o Plano Topográfico Local para posicionamento com RTK	35
3.5.1 Marcos utilizados na determinação do Plano Topográfico Local com o método de Transformação Plana RTK.....	36
3.6 Cálculos efetuados	38
3.7 Tratamento estatístico	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41

4.1 Comparação entre as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas calculadas com o <i>software</i> Transgeolocal.....	41
4.2 Comparação entre as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas calculadas pelo método Posição	42
4.3 Comparação entre as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas obtidas com o Sistema Topográfico TopoEVN	43
4.4 Comparação entre as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas obtidas com a Transformação Plana RTK.....	44
4.5 Representação gráfica das discrepâncias horizontais em cada marco	46
4.6 Tratamento estatístico dos dados.....	51
5 CONCLUSÕES	53
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

Muitas vezes, como em locações de obras ou mesmo na determinação de mensurações e divisões, não basta conhecer as coordenadas geodésicas dos pontos, ou seja, associadas ao modelo elipsoidal, também, se faz necessário conhecer e utilizar suas correspondentes no Plano Topográfico Local (PTL). Um exemplo emblemático, neste sentido, é a aplicação da lei do georreferenciamento de imóveis rurais.

A Lei 10.267 de 28 de agosto de 2001, regulamentada pelos Decretos 4.449/2002, 5570/2005 e 7.620/2011 dispõem que, obedecidos os prazos de carências dos citados decretos, é necessário que o imóvel esteja georreferenciado e certificado, condição esta necessária para inclusão no Cadastro Nacional de Imóveis Rurais, para que seja registrado junto aos Cartórios de Registro de Imóveis alterações relativas ao domínio da área, tais como: compra, venda, desmembramento, remembramento, parcelamento, sucessões hereditárias e situações judiciais.

O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) publicou em novembro de 2003 a primeira Norma Técnica para execução dos trabalhos de georreferenciamento, que perdurou até março de 2010 quando passou a vigorar as recomendações da 2ª Norma Técnica.

A nova Norma Técnica trouxe avanços significativos quanto às possibilidades a serem utilizadas pelos técnicos, de novas tecnologias disponíveis, como é o caso do posicionamento em tempo real (RTK), avanço no formato de análise e os procedimentos a serem seguidos pelos servidores responsáveis pelas certificações. Porém, ainda ficou uma lacuna e algumas exigências bem restritivas quanto ao emprego de técnicas convencionais de topografia no georreferenciamento de imóveis rurais.

Em muitas situações, devido à presença de vegetação ou de outras condições restritivas, não é possível o emprego de equipamentos de posicionamento por satélite na determinação das coordenadas. Neste caso, lança-se mão de técnicas e metodologias da topografia convencional e posteriormente realiza-se o ajustamento e conversão entre estes dados topográficos e geodésicos.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram aplicados quatro métodos de transformação de coordenadas geodésicas em coordenadas no Plano Topográfico Local (PTL). Os resultados, assim obtidos, foram comparados com os valores das coordenadas dos marcos da Rede Municipal, valores que constam na monografia oficial dos marcos.

Portanto, este trabalho tem por objetivo fazer uma comparação na transformação de coordenadas geodésicas para o Plano Topográfico Local utilizando os seguintes aplicativos: i) o *software* Transgeolocal desenvolvido por Dal’Forno *et al* (2008), que utiliza a metodologia da matriz de rotação e translação; ii) o *software* TopoEVN, que se vale do método de Puissant; iii) o *software* Posição que utiliza a transformação bidimensional; e iv) o *software* Transformação Plana RTK, do sistema SmartWorks da Leica que emprega a transformação clássica 3D na conversão dos dados. Os *software* utilizados foram chamados de métodos de transformação de coordenadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Plano Topográfico Local

A Topografia tem a finalidade de representar os elementos, contornos e dimensões de uma porção limitada da superfície terrestre, sem se preocupar com a curvatura resultante da esfericidade terrestre (Espartel, 1970).

Ainda segundo Espartel Topografia que, no sentido etimológico da palavra, significa descrição do lugar, faz uso de instrumentos, métodos de operação, cálculos e desenhos a fim de representar detalhes naturais e artificiais do terreno num plano, em projeção ortogonal cotado.

Levantamentos executados no Plano Topográfico Local possuem como característica importante a projeção ortogonal, dos elementos levantados, sobre um plano de referência, sem considerar a distorção oriunda da curvatura terrestre. Esta particularidade é relevante em locações de obras de engenharia, planejamento de construções onde as distâncias e ângulos são projetados sobre um plano.

Segundo Dal’Forno *et al* (2010), o PTL no ponto de origem do sistema topográfico local na superfície terrestre é perpendicular à normal do lugar.

A topometria que representa o conjunto de métodos empregados no levantamento de dados, divide-se, em planimetria, que se ocupa em representar os detalhes em horizontal e altimetria que determina as alturas ou cotas de pontos referidos ao plano horizontal de projeção.

A NBR 13.133 (ABNT, 1994) coloca como características principais do plano de coordenadas local os seguintes itens:

- As projetantes são ortogonais à superfície de projeção;
- A superfície de projeção é um plano normal à vertical do lugar no ponto da superfície terrestre considerado como origem do levantamento;
- A localização planimétrica dos pontos, medidos no terreno e projetada no plano de projeção, se dá por intermédio de um sistema de coordenadas cartesianas, cuja origem coincide com o levantamento topográfico;
- O eixo das ordenadas é a referência azimutal, que, dependendo das particularidades do levantamento, pode estar orientado para o norte geográfico, para o norte magnético ou para uma direção notável do terreno, julgada importante.

2.2 Transformação de Coordenadas Geodésicas em Topográficas

A Geodésia se utiliza de processos de medições para levantamento e representação cartográfica de grandes extensões da superfície terrestre e leva em consideração a curvatura terrestre, para isso se utiliza de parâmetros e variáveis para determinação de uma superfície de referência, onde os dados levantados serão representados (Espartel, 1970).

Para determinação das coordenadas de pontos, os sistemas de navegação por satélites fazem uso de um sistema de referência tridimensional, na qual as coordenadas de localização dos satélites são conhecidas por trilateração e o equipamento de rastreamento, determina as coordenadas do ponto de interesse. No sistema americano, *Global Positioning System* – GPS, os pontos estão referidos ao sistema geodésico *World Geodetic System* - WGS-84 (INPE,2003).

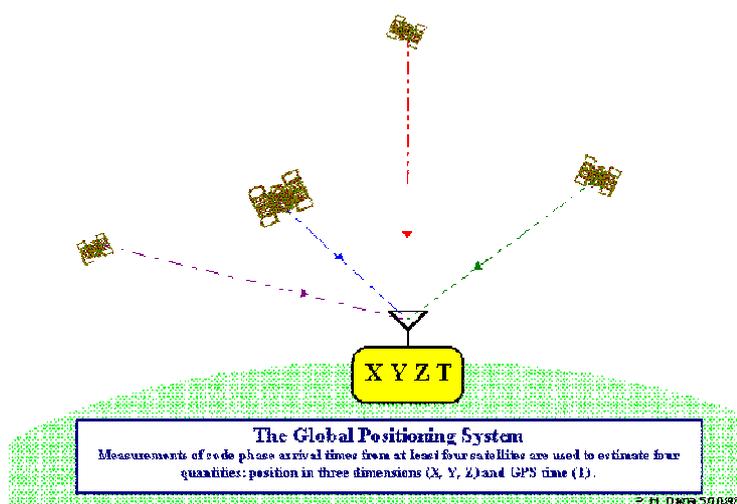


Figura 1 - Determinação das coordenadas pelos sistemas de navegação por satélite
Fonte: http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html

A partir dos dados no sistema de referência dos satélites, é possível obter dados em qualquer outro sistema de interesse do usuário, com parâmetros de transformação adequadamente calculados.

2.2.1 Método de Puissant

As fórmulas de Puissant, assim denominadas em homenagem ao matemático Frances Louis Puissant, apresentam soluções para o problema direto e problema inverso da Geodésia. A demonstração das fórmulas utiliza uma esfera auxiliar tangente ao elipsoide, com raio coincidindo com o raio de curvatura da seção da primeira vertical (Santos jr, 2002 p.9).

Em razão de desconsiderar a curvatura terrestre, o Plano Topográfico Local possui dimensão máxima limitada à metade da diagonal de um quadrado de 100 Km de lados, que corresponde a 70.710,68 metros a partir da origem do sistema topográfico local.

Existe ainda o limite, de 150 metros para mais ou para menos, para a diferença de altitude entre o Plano Topográfico Local e a altura de pontos. Esse limite é devido a que as distâncias ao serem projetadas, sobre o Plano Topográfico Local, podem ser ampliadas ou reduzidas, conforme a situação da distância com relação ao PTL (distâncias multiplicadas pelo fator de ampliação/ redução). Os erros relativos devem ser inferior a 1/40.000, (Dal’Forno et al., 2010).

No problema direto são conhecidas as coordenadas geodésicas, latitude e longitude do primeiro ponto, e também o azimute geodésico e a distância do primeiro ponto ao ponto cujas coordenadas geodésicas, latitude e longitude, se pretende determinar. (Saatkamp, 2006 p.44). A figura 2 mostra os dados e as incógnitas do problema direto da Geodésia.

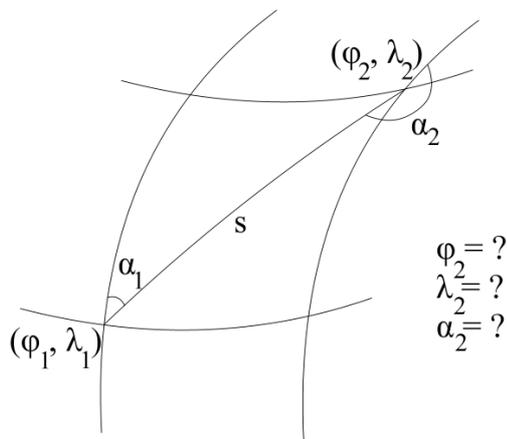


Figura 2 - Problema direto da Geodésia
 Fonte: Diniz *et al*, 2009 p.16

No problema inverso da Geodésia, as coordenadas geodésicas, latitude e longitude dos dois pontos são conhecidas e, se pretende determinar o azimute geodésico e a distância geodésica entre ambos os pontos (Brum, 2008). A figura 3 mostra os dados e as incógnitas do problema inverso da Geodésia.

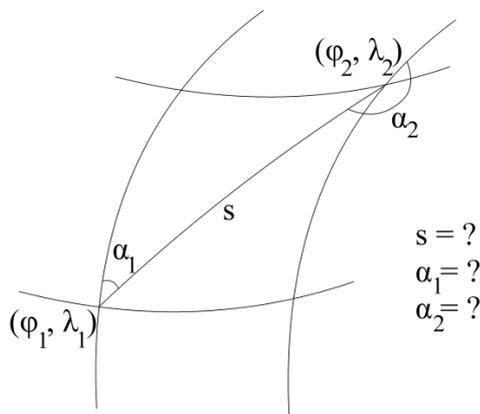


Figura 3 - Problema inverso da geodésia
 Fonte: Diniz *et al*, 2009 p.16

Os procedimentos, conceitos e fórmulas matemáticas para a transformação de coordenadas geodésicas em coordenadas plano retangulares no sistema topográfico local e o cálculo da convergência meridiana estão descrito na NBR 14166:1998 e seus anexos.

As fórmulas são apresentadas a seguir:

$$X_p = 150.000 + x_p$$

$$Y_p = 250.000 + y_p$$

$$X_p = -\Delta\lambda_1 \text{Cos}\varphi_p N_p \text{arcl}'' xc$$

$$Y_p = \frac{1}{B} [\Delta\varphi_1 + Cx_p^2 + D(\Delta\varphi_1)^2 + E(\Delta\varphi_1)x_p^2 + ECx_p^4] xc$$

$$\Delta\lambda = \lambda_p - \lambda_0$$

$$\Delta\varphi = \varphi_p - \varphi_0$$

$$\Delta\lambda_1 = \Delta\lambda'' [1 - 3,9173 \times 10^{-12} (\Delta\lambda'')^2]$$

$$\Delta\varphi_1 = \Delta\varphi'' [1 - 3,9173 \times 10^{-12} (\Delta\varphi'')^2]$$

$$B = \frac{1}{M_0 \text{arcl}''}$$

$$C = \frac{\tan \varphi_0}{2M_0 N_0 \text{arcl}''}$$

$$D = \frac{3e^2 \text{Sen}\varphi_0 \text{Cos}\varphi_0 \text{arcl}''}{2(1 - e^2 \text{sen}^2 \varphi_0)}$$

$$E = \frac{1 + 3 \tan \varphi_0}{6N_0^2}$$

$$c = \frac{R_0 + H_t}{R_0}$$

$$R_0 = \sqrt{M_0 \times N_0}$$

$$M_0 = \frac{1(1 - e^2)}{(1 - e^2 \text{sen}^2 \varphi_0)^{3/2}}$$

$$N_0 = \frac{a}{(1 - e^2 \text{sen}^2 \varphi_0)^{1/2}}$$

$$N_p = \frac{a}{(1 - e^2 \text{sen}^2 \varphi_p)^{1/2}}$$

$$e = \left(\frac{a^2 - b^2}{a^2} \right)^{1/2} = [f(2 - f)]^{1/2}$$

$$c = \frac{R_m + H_t}{R_m}$$

Onde:

Considerar φ negativo no hemisfério sul e λ crescendo positivamente para oeste. Os coeficientes C e D são negativos no hemisfério sul.

M_0 = raio de curvatura da seção meridiana do elipsoide de referência em P_0 (Origem do sistema);

N_0 = raio de curvatura da seção normal ao plano meridiano do elipsoide de referência em P_0 ;

N_p = raio de curvatura da seção normal ao plano meridiano do elipsoide de referência em P ;

c = fator de elevação;

a = semieixo maior do elipsóide de referência;

b = semieixo menor do elipsóide de referência;

e = primeira excentricidade do elipsóide de referência;

f = achatamento do elipsóide de referência;

H_t = altitude ortométrica média do terreno ou altitude do PTL;

R_m = raio terrestre igual a \sqrt{MN} , adotado como raio da esfera de adaptação de Gauss, em metros;

M = raio de curvatura da elipse meridiana do elipsóide de referência na origem do sistema topográfico local, em metros;

N = raio de curvatura à elipse normal a elipse meridiana na origem do sistema topográfico local, em metros. Devido à grandeza de R_m e face a pequenez de H_t , para NBR 14166:1998 pode ser utilizada a fórmula simplificada abaixo:

$$c = 1 + 1,57 \times 10^{-7} * H_t$$

Para o cálculo da convergência meridiana, a partir das coordenadas geodésicas no sistema topográfico local, a NBR 14166:1998 apresenta as seguintes fórmulas:

$$\gamma_p = \left[\Delta\lambda'' \operatorname{sen}\varphi_m \sec\frac{\Delta\varphi}{2} + F(\Delta\lambda'')^3 \right]$$

Sendo $\Delta\lambda'' = (\lambda_p - \lambda_0) * 3600$

$$\Delta\varphi = \varphi_p - \varphi_0$$

$$F = \frac{\text{Sen}\varphi_m \text{Cos}\varphi_m \text{Sen}^2 1''}{12}$$

Onde:

γ_p = convergência meridiana no ponto considerado;

φ_0 = latitude da origem do sistema;

φ_p = latitude do ponto geodésico de apoio imediato considerado;

λ_0 = longitude de origem do sistema;

φ_m = latitude média entre o ponto geodésico de apoio imediato considerado

(P) = origem do sistema.

2.2.2 Matriz de translação e rotação

O método da matriz de translação e rotação considera: uma translação da origem do sistema geodésico, para a origem do Plano Topográfico Local, uma rotação em torno do eixo t do sistema topográfico local, para que o eixo u seja paralelo ao eixo Z e uma rotação em torno do eixo u para que os eixos t e v do sistema topográfico local sejam paralelos aos eixos X e Y do sistema geocêntrico (Rapp, 1989).

Segundo Dal'Forno *et al.* (2010), a partir do surgimento e vasta utilização dos sistemas de posicionamento por satélite, as coordenadas tridimensionais geocêntricas passaram a receber uma atenção especial. Com estas coordenadas tridimensionais é possível determinar suas coordenadas elipsoidais angulares, bem como, realizar a conversão para outro sistema de coordenadas, tais como o topográfico (PTL), ou cartográfico como a Universal Transversa de Mercator (UTM).

O sistema de coordenadas local proporciona apoio aos levantamentos topográficos no qual se realizam medidas de ângulos e distâncias utilizando técnicas e equipamentos de topografia clássica (Monico, 2008).

Ainda segundo Monico, o sistema de coordenadas locais é cartesiano, e possuem os três eixos mutuamente ortogonais e é definido com relação à normal ao

elipsoide ou ao vetor de gravidade local e os seus três eixos possuem, respectivamente, direção Norte, Leste e à normal.

A transformação, de coordenadas geodésicas em coordenadas topográficas locais, na mesma escala, utilizando matrizes de translações e rotações, pode ser realizada utilizando as formulações matemáticas apresentadas por Andrade (1998, pg. 76) descritas a seguir:

$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_0 * \cos \varphi_0 * \cos \lambda_0 \\ N_0 * \cos \varphi_0 * \sin \lambda_0 \\ N_0 (1 - e^2) * \sin \varphi_0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} t \\ u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \sin \varphi_0 & \cos \varphi_0 \\ 0 & -\cos \varphi_0 & \sin \varphi_0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} -\sin \lambda_0 & \cos \lambda_0 & 0 \\ -\cos \lambda_0 & -\sin \lambda_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix}$$

Onde:

X_0 , Y_0 e Z_0 são as coordenadas geodésicas cartesianas tridimensionais do ponto escolhido para origem do sistema.

t, u e v são coordenadas topográficas transformadas no Plano Topográfico Local;

φ_0 e λ_0 Representam a latitude e longitude geodésica do ponto escolhido como origem do sistema;

X, Y e Z são as coordenadas geodésicas cartesianas tridimensionais do ponto a transformar;

2.3 Precedentes do georreferenciamento de imóveis rurais no Brasil

O controle fundiário dos imóveis rurais no Brasil sempre foi relegada a um segundo plano nas ações de planejamento do território, fato este comprovado, pois o instituto de crédito precedeu à titulação dos imóveis, ou seja, inicialmente descreveu-se a hipoteca para depois descrever o imóvel (Paiva, 2004).

A partir da Lei 601 de 1850 conhecida como a Lei do vigário, que foi a primeira Lei a tratar da questão fundiária, muito embora seu objetivo fosse apenas distinguir o bem público do bem privado, foram elaboradas sucessivas leis a fim de ordenar as questões de posse e titularidade dos imóveis, onde se destaca a Lei 4.504 de 1964 conhecida como Estatuto da Terra. Posteriormente, a Lei 6.015 de 1973 que trata dos registros públicos passa a exigir as descrições completas dos imóveis urbanos e rurais no corpo das respectivas matrículas. Ainda assim, as descrições dos imóveis são precárias e o planejamento e ordenamento fundiário torna-se uma tarefa árdua e de resultados contestáveis.

Em 15/12/1999 o governo Federal instituiu a portaria 558 cancelando todos os cadastros dos imóveis rurais acima de 10.000 hectares exigindo que os proprietários comparecessem junto ao INCRA para regularizar seus cadastros. De um total de 3.065 proprietários de imóveis notificados, 1.899 não compareceram e, como consequência disso, tiveram seus cadastros cancelados.

Em abril de 2000 foi criada uma comissão parlamentar de inquérito que comprovou a existência de grilagens de terra por todo o país, principalmente na região amazônica (INCRA, 2007).

A necessidade de integração entre os distintos órgãos governamentais, a fim de proporcionar segurança jurídica, controle e administração do território levou à promulgação, em 28 de agosto de 2001 da Lei 10.267, que trata do georreferenciamento de imóveis rurais.

2.3.1 A Lei 10.267/2001, o decreto 4.449/2002, o decreto 5.570/2005 e o decreto 7.620/2011.

A Lei 10.267 criou o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais – CNIR, gerenciado conjuntamente pelo INCRA e pela Secretaria da Receita Federal e compartilhado com as diversas instituições públicas federais e estaduais usuárias das informações do meio rural brasileiro. De acordo com a aludida Lei, é obrigatório o georreferenciamento do imóvel para inclusão da propriedade no CNIR.

O georreferenciamento do imóvel rural é condição necessária para que se realize qualquer alteração cartorial da propriedade, como o desmembramento, o parcelamento, o remembramento ou qualquer ato de transferência do imóvel, respeitado os prazos legais, bem como, em qualquer situação judicial na qual o imóvel for envolvido.

O Decreto 4.449 de 30 de outubro de 2002 que regulamentou a Lei 10.267/01, entre outras providencias, formaliza os procedimentos a serem adotados pelos órgãos públicos (INCRA e cartórios de registro de imóveis), os procedimentos técnicos a serem seguidos pelos profissionais executores do georreferenciamento de imóveis rurais, e ainda estabeleceu os prazos para realização do georreferenciamento, os quais foram alterados pelo Decreto 5.570/2006 (Augusto, 2006).

Em novembro de 2011 foi publicado o decreto 7.620 que altera, novamente, os prazos para realizar o georreferenciamento de imóveis rurais, determinado que, para áreas acima de 500 hectares, o prazo esta vencido, para as áreas acima de 250 hectares tem vencimento em 20 de novembro de 2013, para as áreas acima de 100 hectares vencem em 20 de novembro de 2016, para as áreas acima de 25 hectares vencem em 20 de novembro de 2019 e para as áreas abaixo de 25 hectares vencem em 20 de novembro de 2023.

2.3.2 Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis rurais.

Em março de 2010 o INCRA publicou a 2ª edição da Norma Técnica para o georreferenciamento de imóveis rurais (NTGIR) com avanços significativos, como a maior responsabilização do profissional executor do trabalho, evitando com isso a perícia técnica que estava sendo realizada por profissional do INCRA, avanços no sentido de aceitar novas técnicas de levantamento, como por exemplo, o uso do método de posicionamento cinemático em tempo real (RTK).

Mesmo com importantes avanços metodológicos previstos pela nova norma, ainda existem muitos questionamentos quanto à execução dos trabalhos de

georreferenciamento utilizando estações totais em locais onde o rastreamento por meio de equipamentos de posicionamento por satélite fica impossibilitado.

O item 5.3 da NTGIR normatiza o levantamento por métodos convencionais. Estes métodos consistem em medições de ângulos e distâncias por meio de estações totais para determinação das coordenadas definidoras dos vértices dos imóveis.

As estações totais são classificadas, pela NBR 13133:1994 em: precisão baixa, precisão média e precisão alta, segundo o desvio padrão das medições. As especificações respectivas estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação de estações totais

Classes de estações totais	Desvio-padrão Precisão angular	Desvio-padrão Precisão linear
1 – Precisão baixa	$\leq \pm 30'' \geq \pm 07''$	$\pm (5\text{mm} + 10 \text{ ppm} \times D)$
2 – Precisão média	$\leq \pm 07'' \geq \pm 02''$	$\pm (5\text{mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$
3 – Precisão alta	$\leq \pm 02''$	$\pm (3\text{mm} + 3 \text{ ppm} \times D)$

Onde:

D= Distância medida em Km.

Fonte: NBR 13.133, 1994, p.7

O ajustamento dos dados das poligonais de apoio e poligonais de demarcação, deve ser realizado pelo método dos mínimos quadrados e não devem possuir mudanças significativas de sentido, com ângulo de deflexão máximo de 60°.

A segunda edição da NTGIR classifica os vértices em seis classes de acordo com a finalidade, precisão e forma de materialização. A Tabela 2 mostra esta classificação.

Tabela 2 – Classificação dos vértices quanto a 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	Limites	$\leq 0,50$	M, P, V, O
C5	Limites naturais	$\leq 2,00$	P, V, O
C7	Limite – USO RESTRITO	*	

Onde: M: Marco físico, P: Ponto ocupado, V: Vértice Virtual, O: Vértice Offset

*Precisão dependente do método

As poligonais de demarcação utilizando estações totais, classificadas como da classe C3, de onde irão partir as irradiações para determinar os vértices do imóvel, devem possuir os seus 2 pontos de partida e de chegada com vértices da classe C1 ou C2 e um controle azimutal em vértices da classe C2 a no máximo 15 lados, utilizando equipamentos de classe 3, conforme a Tabela 1 e as medições angulares devem possuir número mínimo de 4 repetições.

As poligonais de demarcação, ocorrem quando as próprias estações da poligonal representam os vértices definidores do imóvel. Este tipo de poligonal deve partir de 2 vértices distintos e chegar em 2 vértices igualmente distintos pertencente a classe C1 ou C2, com equipamento da classe 2 segundo a NBR 13.133:1994.

As irradiações que devem partir das poligonais de apoio ou de pontos da classe C1 ou C2, devem possuir comprimento máximo de visada de 3 Km, pode ser utilizado equipamentos da classe 1 e o método de medição angular pode ser com simples visada.

2.4 Sistema Navegação por satélites – GNSS

O chamado sistema GNSS (*Global Navigation Satellite System* – Sistema global de navegação por satélites) utiliza satélites artificiais que orbitam o planeta para o posicionamento de qualquer ponto sobre a superfície terrestre ou na sua proximidade.

Um dos primeiro sistema surgiu na década de 1970, nos Estados Unidos e foi chamado de NAVSTAR-GPS (*Global Positioning System*), resultado da fusão de dois programas de navegação do governo norte-americano desenvolvidos pelo DoD (*Department of Defense*). Esse sistema consta de três segmentos principais: i) segmento espacial, referente aos satélites; ii) segmentos de usuários, relacionado aos receptores, representados pelas diversas instituições e pessoas que utilizam o sistema no seu dia a dia; e iii) o segmento de controle responsável por monitorar e controlar todo o sistema (Monico, 2008).

Ainda segundo Monico, de forma paralela ao sistema GPS, a antiga URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas) desenvolveu o sistema GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*), similar ao sistema americano na sua configuração e objetivo.

As coordenadas dos receptores podem ser determinadas utilizando as efemérides transmitidas pelos satélites no momento do rastreamento ou, ainda, utilizar os dados de órbita dos veículos fornecidos por órgãos oficiais, as chamadas efemérides precisas. Pode-se determinar a distância do receptor em relação ao satélite, baseado na determinação das pseudodistâncias entre o receptor e os veículos espaciais, já que estes possuem suas coordenadas conhecidas em relação ao centro de massa da terra (Seeber, 2003).

2.4.1 Rastreadores RTK.

Os levantamentos executados no método cinemático são caracterizados pelo fato de que o receptor responsável pelo posicionamento estar em movimento, determinando assim, as coordenadas de sua trajetória (Seeber, 2003).

No posicionamento relativo cinemático em tempo real RTK (*Real Time Kinematic*) a estação de referência transmite, os dados da fase da portadora ao equipamento móvel por meio de um link de rádio ou de um modem de telefonia e, este (estação móvel) calcula instantaneamente sua posição (Bernardi e Landim, 2002).

Ainda segundo Bernardi e Landim (2002) o sistema RTK utiliza a fase da onda portadora, onde as ambiguidades são solucionadas em tempo real.

Com a utilização do RTK, o usuário consegue determinar a distância entre receptor e satélite na ordem de poucos milímetros, o que permite posicionamento com precisão na ordem do centímetro. No método de DGPS, a observável utilizada para navegação, normalmente, é a pseudodistância ou a pseudodistância filtrada pela portadora (Monico, 2008).

A Figura 4 mostra um esquema de posicionamento em tempo real (RTK), onde estão representadas: a estação base (GPS Receiver Antenna), a estação móvel (RTK Rover) e a estação de rádio (Base Station Radio).

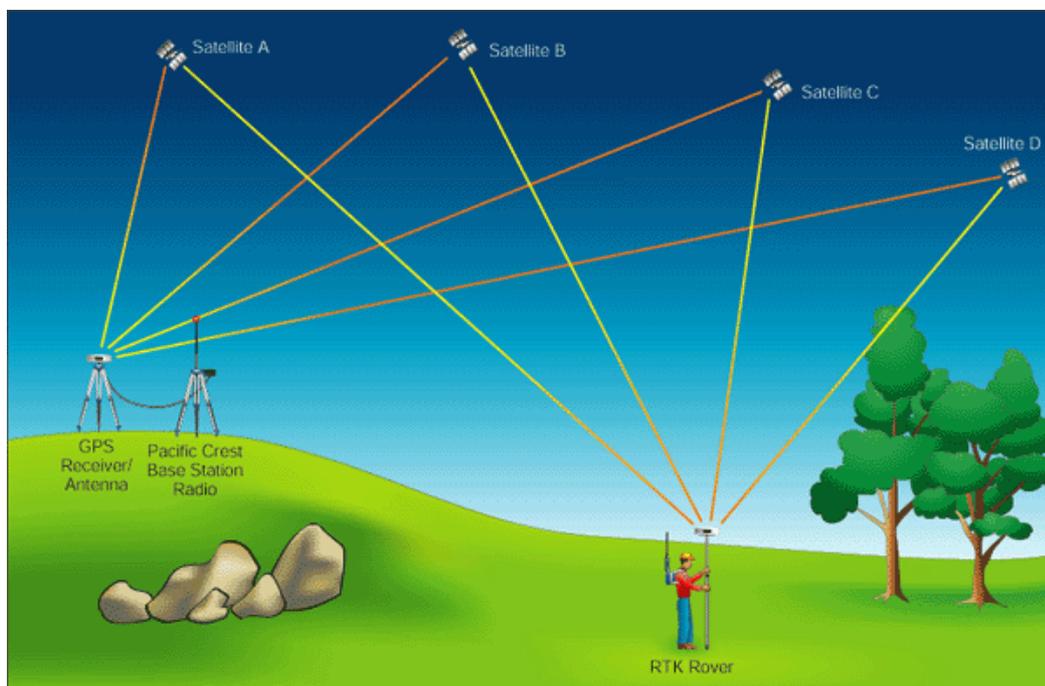


Figura 4 – Esquema de posicionamento RTK
Fonte: <http://www.paccrst.com>

2.5 Definição de exatidão, precisão, erro verdadeiro e erro relativo

Ao analisar trabalhos e bibliografias de diversas áreas e principalmente na área das ciências Geodésicas e cartográficas os termos exatidão (acurácia), precisão, erro relativo e erro verdadeiro são constantemente citados.

Medidas estão sujeitas aos mais variados tipos de erros, seja de natureza grosseira, que podem ser eliminados quando detectados, natureza sistemática ou aleatória. O valor verdadeiro de uma grandeza nunca é conhecida, embora uma medida possa ser melhor que a outra (Monico, 2009).

Ainda segundo Monico (2009) pela definição de Gauss, o termo exatidão envolve tantos erros sistemáticos, como aleatórios enquanto a precisão está unicamente vinculada aos erros aleatórios.

Os erros aleatórios são os erros distribuídos aleatoriamente em torno de um certo valor, já os erros sistemáticos são aqueles que afetam o valor de todas as medidas com o mesmo sentido ou sinal.

A exatidão segundo Aguirre (2012) é a proximidade de uma observação ao um valor considerado verdadeiro, a um padrão ou a uma condição teórica, enquanto a precisão é um parâmetro estatístico (por exemplo o desvio padrão), que surge em uma série de medições e quanto maior é a concentração em torno de um valor maior é a precisão das observações.

O erro verdadeiro é definido como o valor medido menos o valor verdadeiro, mas como não existem medições exatas estas são (medidas) mais ou menos exatas, portanto, o erro verdadeiro pode ser considerado também como o valor observado (medido) menos um valor considerado verdadeiro. Quando se desconsidera o sinal o erro verdadeiro é considerado um erro absoluto (Aguirre, 2012).

Ainda segundo Aguirre (2012), erro relativo é definido com uma relação entre o erro verdadeiro e o valor verdadeiro de uma medição. Para erro relativo, vale a mesma consideração que para erro absoluto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Este trabalho foi realizado no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, utilizando os marcos implantados pela prefeitura, PMSM-M19, PMSM-M20, PMSM-M57, PMSM-M07 e PMSM-M10 e os marcos UFSM-M19 e UFSM-M03 do projeto Sistema de Informações Geográficas (SIG) do colégio politécnico de Santa Maria e, ainda, o marco do IBGE 1792G. Todos os marcos estão distribuídos na área urbana do Município de Santa Maria.

Embora os marcos utilizados no trabalho tenham sido implantados por diferentes instituições, todos estão incorporados a Rede de Referência Cadastral do Município de Santa Maria.

As coordenadas dos marcos, da Rede de Referência Municipal, foram levantadas com receptores GNSS (SOKKIA GRX1) e transformadas para o Sistema de coordenadas do Plano Topográfico Local. A origem do Plano Topográfico Local, para esta transformação, foi o marco PMSM-M17, situado em frente ao Centro Administrativo Municipal de Santa Maria.

Os marcos utilizados são de concreto implantados pela prefeitura municipal, pelo projeto SIG da UFSM e pelo IBGE e possuem em seu topo uma chapa de identificação com um ponto central para realizar as medições. A Figura 5 ilustra um marco e a respectiva chapa de identificação.



Figura 5 - Marco e chapa de identificação

Fonte: o autor

Os marcos estão distribuídos de forma que cobriram uma área 955,9185 hectares, com um perímetro de 35.228,91 metros.

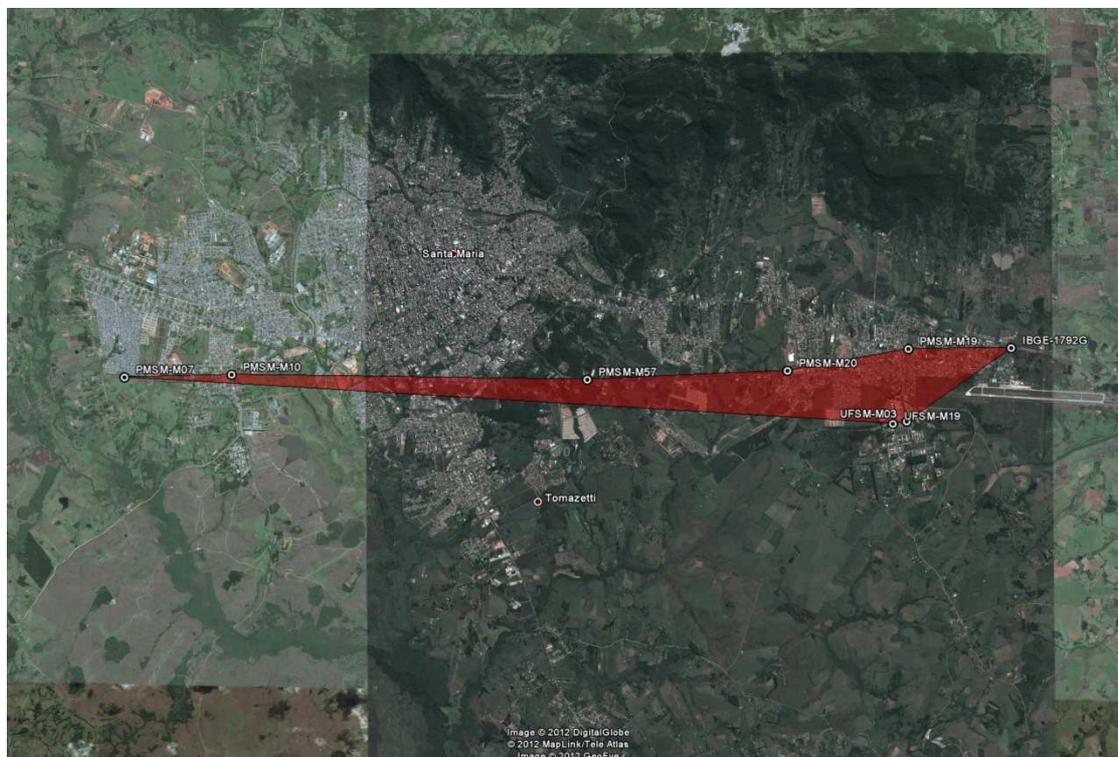


Figura 6 - Área formada pelos marcos
Fonte: O autor (Mapa base do Google Earth)

Pode-se perceber, na Figura 6, uma amplitude maior entre os marcos no sentido oeste-leste.

A adoção dessa distribuição espacial dos marcos foi devida ao impedimento físico que o morro do Cerrito causa à propagação dos sinais de transmissão de dados de correção enviados pelo rádio ao receptor móvel, necessário para o posicionamento em tempo real.

Salienta-se que os referidos marcos, da Rede Municipal, foram reocupados novamente no presente trabalho com o receptor Leica Viva GS15. A estação base, desta reocupação, foi o marco UFSM-M031 situada ao lado do planetário no Campus da UFSM.

A situação da estação base não permitiria, as determinações das coordenadas, com a estação móvel de marcos situados na área central e também na parte noroeste da área urbana de Santa Maria.

A razão pelas escolhas dos oito marcos para realização do trabalho foi devido ao fácil acesso e do bom estado de conservação dos mesmos.

3.1.1 Coordenadas topográficas dos marcos da Rede Municipal

A Tabela 3 mostra os valores de coordenadas topográficas oficiais da Rede Municipal.

Tabela 3 - Coordenadas topográficas oficiais da rede municipal

Marco	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	H (m)
PMSM-M19	158.512,386	248.070,933	90,664
PMSM-M20	156.146,707	247.644,755	113,259
PMSM-M57	152.231,680	247.471,220	126,208
IBGE-1792G	160.525,808	248.089,592	80,816
UFSM-M003	158.480,053	246.651,665	87,837
UFSM-M019	158.208,635	246.605,958	88,445
PMSM-M07	143.176,168	247.518,488	107,673
PMSM-M10	145.274,574	247.569,799	107,058

A Tabela 3 mostra na primeira coluna, a identificação do marco; na segunda e terceira coluna estão, respectivamente, as coordenadas topográficas X (Este), Y (Norte) e na quarta coluna a altura ortométrica. Segundo consta nas monografias, a altura ortométrica foi calculada com o *software* MAPGEO2010 do IBGE.

No anexo 2 estão as monografias oficiais dos marcos utilizados neste trabalho.

3.2 Equipamento GNSS utilizado

O equipamento utilizado foi um receptor GNSS marca Leica, modelo Viva GS15 L1/L2 com dois receptores GS15 e uma coletora CS15 de 120 canais

paralelos e independentes, com capacidade de rastreamento de sinais dos satélites GPS e Glonass,.

O receptor permite levantamentos em RTK e cálculo das coordenadas por pós processamento nos modos estático, estático rápido e cinemático. Precisão de posicionamento de 3mm + 0,5ppm (horizontal), 6 mm + 0,5 ppm (vertical) no modo estático e 5 mm + 0,5ppm (horizontal) 10 mm + 0,5 ppm (vertical) no modo estático rápido e 10mm +1ppm (horizontal) 20 mm + 1ppm (vertical) no modo cinemático.

Tecnologia Leica Smarttrack+ que proporciona redução do multicaminhamento, melhor rastreamento dos satélites com baixo tempo de aquisição e reaquisição de dados. Tecnologia SmartCheck+, que utiliza diferentes combinações de satélites para verificar, continuamente, a solução obtida e garantir resultados com confiabilidade melhor que 99,99%. Tempo de inicialização típico de 8 segundos e alcance On the Fly de até 50 Km. Radio UHF externo, na estação base de 35 Wats para alcance de até 30 Km.

O equipamento possui também, receptor e controladora com especificações militares contra intempéries, com grau de proteção IP67. Controladora CS15 com processador ARM Core 533 MHz e 512 MB de memória SDRAM com teclado alfanumérico completo e comunicação totalmente sem fio por meio de tecnologia Bluetooth.

A Figura 7 mostra o equipamento GNSS utilizado.



Figura 7 – Equipamento GNSS Leica Viva GS15
Fonte: o autor

3.3 Softwares de transformação de coordenadas geodésicas para o Plano Topográfico Local

Em muitas situações de trabalho há a necessidade de integração entre equipamentos e metodologias de levantamentos topográficos e de GNSS. Existem metodologias e aplicativos que permitem a transformação de coordenadas do sistema geodésico para o sistema de Plano Topográfico Local e vice e versa.

O objetivo deste trabalho foi comparar, as coordenadas topográficas planimétricas dos marcos coletadas na reocupação, com as coordenadas planimétricas que constam nas monografias oficiais.

Os softwares usados para transformar as coordenadas geodésicas para o Plano Topográfico Local foram: Transgeolocal, Sistema Topográfico Posição, Sistema Topográfico TopoEVN e o aplicativo Transformação Plana RTK do Sistema SmartWorks da Leica.

3.3.1 Transgeolocal

O *software* Transgeolocal utiliza matrizes de rotação e translação para transformação dos dados geodésicos para o Plano Topográfico Local. É necessário entrar com dados do referencial utilizado, a identificação dos marcos, suas coordenadas geodésicas angulares em graus e frações respectivas e a altura elipsoidal.

Nas monografias oficiais constam coordenadas planas determinadas com o *software* Transgeolocal, a partir das coordenadas geodésicas ajustadas pelo método dos mínimos quadrados.

Uma das maneiras de entrada de dados, no *software* Transgeolocal, mostra-se na Figura 8.

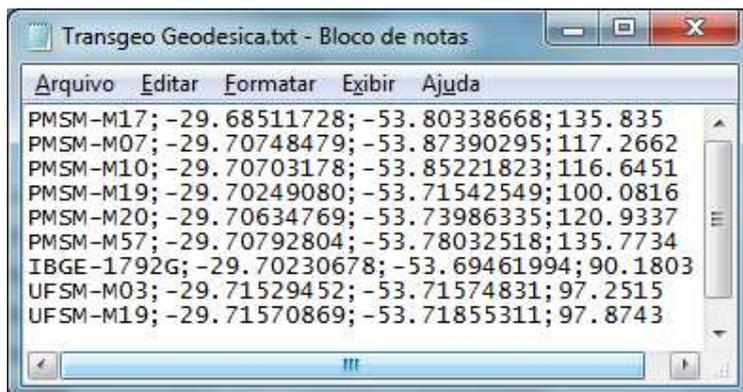


Figura 8 - Formato de entrada de dados de marcos no Transgeolocal
Fonte: O autor

3.3.2 Sistema Topográfico Posição

O *software* topográfico Posição realiza a transformação das coordenadas geodésicas para o PTL, conforme ofício enviado pelos desenvolvedores do aplicativo, utilizando a metodologia descrita a seguir:

- 1 - Calcula-se para cada ponto o vetor entre o ponto de origem e ponto a ser transformado;
- 2 - Aplica-se o inverso do fator de escala ao comprimento do vetor;
- 3 - Inverso da redução da distância elipsoidal, utilizando a altitude de referência indicada na tela, ao comprimento do vetor um;
- 4 - Rotacionar o vetor somando a convergência meridiana;
- 5 - Transladar o vetor para as coordenadas locais.

O formato de entrada e saída de dados, no *software* Posição, ilustra-se na Figura 9.



Figura 9 - Formato de entrada e saída dos dados no software Posição
 Fonte: O autor

3.3.3 Sistema Topográfico TopoEVN

O software TopoEVN foi desenvolvido e é comercializado pela empresa Métrica tecnologia e equipamentos de Piracicaba, SP. A transformação das coordenadas geodésicas para o Plano Topográfico Local, segundo informações repassadas pelos desenvolvedores do sistema, utiliza as fórmulas de Puissant descrito na NBR 14.166:1998.

3.4 Método de levantamento das coordenadas dos marcos

O método de levantamento adotado, para determinar as coordenadas geodésicas dos oito marcos, foi o estático rápido, com tempo médio de coleta de 09 minutos e 29 segundos por marco, sendo que a taxa de coleta do equipamento estava para gravação de uma época por segundo, com isso o número médio de observações ajustadas por ponto foi de 569 épocas.

As coordenadas dos marcos foram calculadas por pós-processamento com o *software* Leica Geo office versão 8.0.

O marco base foi o UFSM-M031 do projeto SIG, e que se encontra situado na proximidade do planetário da UFSM. O marco base e a estação base estão mostradas na Figura 10.

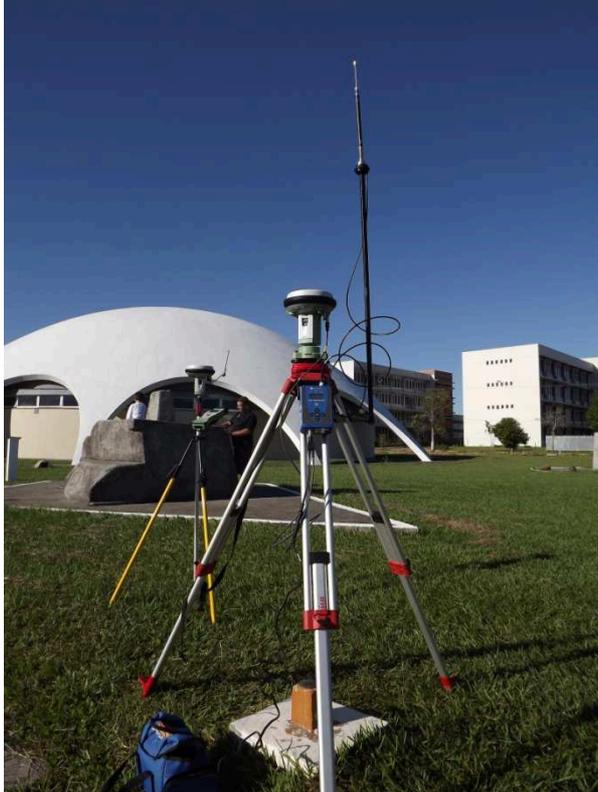


Figura 10 - Base de apoio para levantamento dos demais marcos
Fonte: O autor

Valores das coordenadas geodésicas do marco base.

Latitude: 29° 43' 11,07119" S

Longitude: 53° 43' 01,65562" W

Altura elipsoidal: 101,441 metros

Em todos os marcos levantados foram determinados as ambiguidades.

No anexo 01 consta o relatório técnico de ajustamento dos dados coletados.

3.5 Métodos para Definir o Plano Topográfico Local para posicionamento com RTK

Para definir o PTL, pelo aplicativo do equipamento GNSS RTK Leica Viva, existem 5 métodos diferentes.

Método de ponto simples: calcula um plano a partir de um ponto de apoio, e orienta o sistema para o norte WGS 1984 e, aplica uma escala de altitude, para converter a distância elipsoidal em distância plana. Este método pode ser tanto para o ponto da base quanto para um ponto móvel.

Método de orientar uma linha: determina o plano a partir de um ponto de apoio e de um segundo ponto para determinar a orientação.

Método mover rápido: realiza o deslocamento de um sistema de coordenadas existente a partir de um ponto de apoio.

Método de múltiplos pontos: determina o Plano Topográfico Local a partir do conhecimento de coordenadas, em ambos os sistemas (geodésicas e planas), de múltiplos pontos de apoio. Este método, portanto, baseia-se na transformação de coordenadas espacial clássica, sendo necessário informar as coordenadas planas dos marcos que serão utilizados para definir o plano e, determinar as coordenadas geodésicas deste marcos com o receptor Leica pelo método de posicionamento RTK.

Quanto mais pontos comuns, maior será a precisão dos parâmetros de transformação calculados.

3.5.1 Marcos utilizados na determinação do Plano Topográfico Local com o método de Transformação Plana RTK

Neste trabalho, para definir o PTL, com o emprego do método de Transformação Plana RTK, foram utilizados quatro marcos oficiais, quais sejam: UFSM-M021, UFSM-M003, PMSM-M19 e PMSM-M20. Portanto, o método escolhido foi o de múltiplos pontos. Este método de transformação de coordenadas é realizado pelo *software* SmarWorks Viva, disponível nos instrumentos GNSS Leica Geosystems.

No processo de determinação do PTL, o aplicativo apresenta os resíduos dos parâmetros de transformação, e que neste trabalho foram para $t= 0,012$ m e para $u=0,021$ m e para $v=0,020$ metros.

A Figura 11 mostra a distribuição espacial dos marcos usados para a definição do Plano Topográfico Local, na aplicação do método de Transformação Plana RTK.

A Figura 12 mostra a superposição existente entre a poligonal formada pelos quatro marcos e os marcos da Rede Municipal.



Figura 11 – Marcos utilizados para definir o Plano Topográfico Local pelo método Transformação Plana RTK

Fonte: O autor (Mapa base do Google Earth)

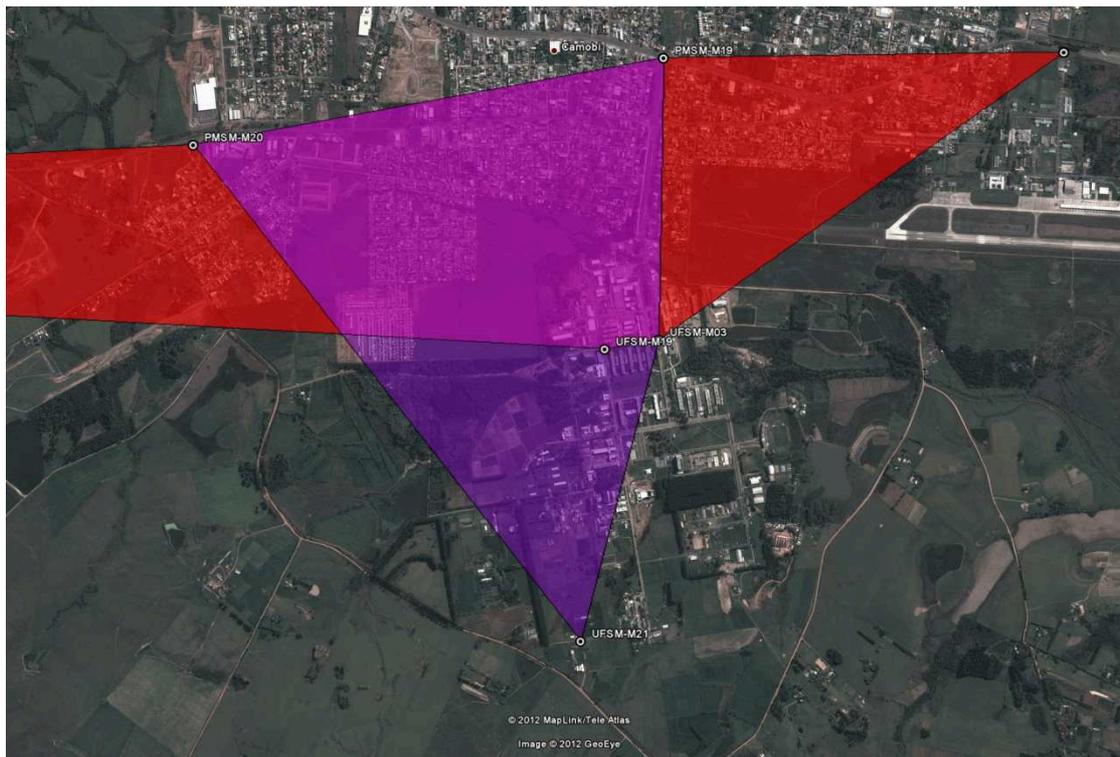


Figura 12 - Sobreposição dos polígonos formados pelos marcos de definição do Plano Topográfico Local pelo método Transformação Plana RTK e dos marcos da Rede Municipal
Fonte: O autor (Mapa base do Google Earth)

Pontos levantados com GPS são sempre referidos ao Datum global conhecido como WGS 1984. A maioria dos trabalhos de engenharia, para locação de obras, exige coordenadas em um sistema no Plano Topográfico Local.

Para os quatro métodos de transformação usados, a coordenada geodésica X foi transformada para a coordenada plana t e coordenada geodésica Y para a coordenada plana u .

3.6 Cálculos efetuados

As coordenadas geodésicas determinadas com o equipamento GNSS Leica, na reocupação dos oito marcos foram transformadas, por meio dos quatro

softwares de transformação, em coordenadas no sistema do Plano Topográfico Local.

Com as coordenadas transformadas foram calculadas as discrepâncias entre coordenadas transformadas pelos quatro métodos e as coordenadas oficiais.

A discrepância calculadas foi fornecida pelo erro verdadeiro da coordenada respectiva, conforme as fórmulas seguintes:

$$\Delta t_i = t_i - X_i$$

$$\Delta u_i = u_i - Y_i$$

$$\Delta s_i = \sqrt{\Delta t_i^2 + \Delta u_i^2}$$

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum [(t_i - \bar{t})]^2}{n - 1}}$$

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{\sum (u_i - \bar{u})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum (\Delta s_i - \overline{\Delta s})^2}{n - 1}}$$

Onde:

Δt_i = discrepância horizontal em t no marco i;

t_i = coordenada transformada por um dos métodos do marco i ;

X_i = coordenada oficial do marco i ;

Δu_i = discrepância horizontal em u no marco i ;

u_i = coordenada transformada por um dos métodos do marco i ;

Y_i = coordenada transformada por um dos métodos do marco i ;

Δs_i = discrepância horizontal total no marco i ;

σ_t = erro médio quadrático das discrepâncias nas coordenadas t;

σ_u = erro médio quadrático das discrepâncias nas coordenadas u;

σ_s = erro médio quadrático das discrepâncias horizontais totais.

\bar{t} = média das coordenadas t;

\bar{u} = média das coordenadas u;

n = 8.

Os eixos X e Y conformam um sistema levogiro (o eixo Y está (orientado para o norte), assim como os eixos t e u (o eixo t também orientado para o norte).

3.7 Tratamento estatístico

As discrepâncias calculadas foram tratadas com o software Assistat 7.6 versão beta (2012) complementado com a distribuição t de Student, para determinar se existem diferenças significativas, ao nível de 5%, entre as médias das coordenadas transformadas pelos quatro métodos com relação as coordenadas oficiais e, como cálculo complementar determinar se existem diferenças entre os métodos, no mesmo nível de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As coordenadas topográficas dos marcos que pertencem à rede de referência do município de Santa Maria foram os valores bases para a comparação dos resultados obtidos pelos métodos testados neste trabalho.

A rede municipal possui como marco de origem do Plano Topográfico Local, o marco PMSM-M17 de latitude 29° 41' 06,42220" S de Longitude 53° 48' 12,19203" W e de altura elipsoidal de 135,835 metros. A este marco foram atribuídas as constantes para X de 150.000,00 m e para Y de 250.000,00 m. Estas constantes estão em conformidade com o que estabelece a norma NBR14.166:1998 e constam nas monografias oficiais dos marcos.

Os resultados foram agrupados em tabelas, permitindo comparar as coordenadas planimétricas dos quatro métodos de transformação de coordenadas geodésicas, com as do sistema de coordenadas do Plano Topográfico Local da Rede Municipal.

As discrepâncias foram analisadas em valores absolutos.

4.1 Comparação entre as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas calculadas com o *software* Transgeolocal

A Tabela 4 mostra as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas obtidas com o *software* Transgeolocal, a discrepância em cada coordenada t , (Δt), em cada coordenada u (Δu) e a respectiva discrepância horizontal total (ΔS).

Tabela 4 – Comparação das coordenadas oficiais com as coordenadas obtidas pelo Transgeolocal

Marco	Coordenadas Oficiais		Transgeolocal		Discrepâncias		
	X (m)	Y (m)	t (m)	u (m)	Δt (m)	Δu (m)	ΔS (m)
PMSM-M19	158.512,386	248.070,933	158.512,379	248.070,926	-0,007	-0,007	0,010
PMSM-M20	156.146,707	247.644,755	156.146,713	247.644,764	0,006	0,009	0,011
PMSM-M57	152.231,680	247.471,220	152.231,653	247.471,211	-0,027	-0,009	0,028
IBGE-1792G	160.525,808	248.089,592	160.525,821	248.089,616	0,013	0,024	0,027

UFSM-M003	158.480,053	246.651,665	158.480,059	246.651,668	0,006	0,003	0,007
UFSM-M019	158.208,635	246.605,958	158.208,628	246.605,960	-0,007	0,002	0,007
PMSM-M07	143.176,168	247.518,488	143.176,159	247.518,496	-0,009	0,008	0,012
PMSM-M10	145.274,574	247.569,799	145.274,562	247.569,794	-0,012	-0,005	0,013
Média *	---	---	---	---	-0,005	0,003	0,014
σ *	---	---	---	---	0,013	0,011	0,009

Observa-se na Tabela 4, que a discrepância máxima em t foi de 0,027 metros no marco PMSM-M57, a discrepância máxima em u foi de 0,024 metros no marco IBGE-1792G e a discrepância horizontal total máxima foi de 0,028 metros no marco PMSM-M57 (mesmo marco da discrepância máxima de t).

As discrepâncias encontradas, podem ser atribuídas ao erro inerente ao próprio método de levantamento, haja vista que, o desvio padrão dos marcos da Rede Municipal, que fornece a precisão do levantamento, foi de 0,004 metros (este valor figura na monografia oficial) e, de 0,001 m no levantamento para este trabalho no marco PMSM-M57.

4.2 Comparação entre as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas calculadas pelo método Posição

A Tabela 5 mostra as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas obtidas com o software Posição, a discrepância em cada componente e a discrepância horizontal total.

Tabela 5 – Comparação das coordenadas oficiais com as coordenadas obtidas pelo software Posição

Marco	Coordenadas Oficiais		Posição		Discrepâncias		
	X (m)	Y (m)	t (m)	u (m)	Δt (m)	Δu (m)	ΔS (m)
PMSM-M19	158.512,386	248.070,933	158.512,441	248.070,962	0,055	0,029	0,062
PMSM-M20	156.146,707	247.644,755	156.146,765	247.644,796	0,058	0,041	0,071
PMSM-M57	152.231,680	247.471,220	152.231,673	247.471,229	-0,007	0,009	0,011
IBGE-1792G	160.525,808	248.089,592	160.525,912	248.089,657	0,104	0,065	0,123
UFSM-M003	158.480,053	246.651,665	158.480,148	246.651,735	0,095	0,070	0,118
UFSM-M019	158.208,635	246.605,958	158.208,715	246.606,024	0,080	0,066	0,104

PMSM-M07	143.176,168	247.518,488	143.176,156	247.518,426	-0,012	-0,062	0,063
PMSM-M10	145.274,574	247.569,799	145.274,565	247.569,745	-0,009	-0,054	0,055
Média *	---	---	---	---	0,046	0,020	0,076
σ *	---	---	---	---	0,048	0,053	0,037

Observa-se na Tabela 5, que a discrepância máxima em t foi de 0,104 metros no marco IBGE-1792G, a discrepância máxima em u foi de 0,071 metros, no marco UFSM-M003 e a discrepância máxima horizontal total foi de 0,123 metros no marco IBGE-1792G.

Os dados, da Tabela 5 apresentam uma média de 0,076 metros de discrepância horizontal total. No marco PMSM-M57 obteve-se a menor discrepância horizontal total que foi de 0,011 metros, portanto, com uma diferença de 0,060, que corresponde a 78,95 %, com relação ao valor da média. O marco que apresentou, a segunda maior discrepância com relação ao valor médio foi o PMSM-M10, com 0,016 metros, que corresponde a 21,01%. Portanto, se o marco PMSM-M57 fosse excluído da análise, a média, das discrepâncias horizontais totais, subiria para 0,085 metros.

4.3 Comparação entre as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas obtidas com o Sistema Topográfico TopoEVN

A Tabela 6 mostra as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas obtidas com o software TopoEVN, a discrepância em cada componente e a respectiva discrepância horizontal total.

Tabela 6 – Comparação das coordenadas oficiais com as coordenadas obtidas com o software TopoEVN

Marco	Coordenadas Oficiais		TopoEVN		Discrepâncias		
	X (m)	Y (m)	t (m)	u (m)	Δt (m)	Δu (m)	ΔS (m)
PMSM-M19	158.512,386	248.070,933	158.512,427	248.070,914	0,041	-0,019	0,045
PMSM-M20	156.146,707	247.644,755	156.146,677	247.644,722	-0,030	-0,033	0,045
PMSM-M57	152.231,680	247.471,220	152.231,652	247.471,211	-0,028	-0,009	0,030
IBGE-1792G	160.525,808	248.089,592	160.525,896	248.089,599	0,088	0,007	0,089

UFSM-M003	158.480,053	246.651,665	158.480,109	246.651,648	0,057	-0,017	0,059
UFSM-M019	158.208,635	246.605,958	158.208,676	246.605,939	0,041	-0,019	0,046
PMSM-M07	143.176,168	247.518,488	143.176,138	247.518,488	-0,030	-0,000	0,030
PMSM-M10	145.274,574	247.569,799	145.274,547	247.569,786	-0,027	-0,013	0,030
Média *	---	---	---	---	0,014	-0,013	0,047
σ *	---	---	---	---	0,048	0,012	0,020

Observa-se na Tabela 6, que a discrepância máxima em t foi de 0,088 metros no marco IBGE-1792G, a discrepância máxima em u foi de 0,033 metros no marco PMSM-M20 e a discrepância horizontal total máxima foi de 0,089 metros no marco IBGE-1792G.

4.4 Comparação entre as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas obtidas com a Transformação Plana RTK

A Tabela 7 mostra as coordenadas topográficas oficiais e as coordenadas topográficas obtidas com o aplicativo Transformação Plana RTK, a discrepância em cada componente e a respectiva discrepância horizontal total.

Tabela 7 – Comparação das coordenadas oficiais com as coordenadas obtidas com a Transformação Plana com RTK

Marco	Coordenadas Oficiais		RTK		Discrepâncias		
	X (m)	Y (m)	t (m)	u (m)	Δt (m)	Δu (m)	ΔS (m)
PMSM-M19	158.512,386	248.070,933	158.512,379	248.070,928	-0,007	-0,005	0,009
PMSM-M20	156.146,707	247.644,755	156.146,708	247.644,763	0,001	0,008	0,008
PMSM-M57	152.231,680	247.471,220	152.231,691	247.471,211	0,011	-0,009	0,014
IBGE-1792G	160.525,808	248.089,592	160.525,840	248.089,612	0,032	0,020	0,038
UFSM-M003	158.480,053	246.651,665	158.480,052	246.651,662	-0,001	-0,003	0,003
UFSM-M019	158.208,635	246.605,958	158.208,626	246.605,956	-0,009	-0,002	0,009
PMSM-M07	143.176,168	247.518,488	143.176,291	247.518,453	0,123	-0,035	0,128
PMSM-M10	145.274,574	247.569,799	145.274,670	247.569,761	0,096	-0,038	0,103
Média *	---	---	---	---	0,031	-0,008	0,039
σ *	---	---	---	---	0,051	0,020	0,049

Observa-se na Tabela 7, que a discrepância máxima em t foi de 0,123 metros no marco PMSM-M07, a discrepância máxima em u foi de 0,038 metros no marco

PMSM-M10 e, a discrepância horizontal total máxima foi de 0,128 metros no marco PMSM-M-07.

As maiores discrepâncias horizontais (Δt , Δu e Δs) neste método ocorreram nos marcos PMSM-M07 e PMSM-M10, que são os marcos mais distantes do polígono de definição do Plano Topográfico Local. Nota-se na Tabela 7, que a maior discrepância foi na coordenada t (0,123 m), do marco PMSM-M07. Salienta-se que a coordenada t tem orientação oeste-leste e, como o marco PMSM-M07 é o mais ocidental entre todos os marcos, ele é o mais afastado em relação ao polígono base do método Transformação Plana RTK.

O valor das discrepância horizontal total indica que, ao utilizar o método de Transformação Plana RTK, a área objeto de levantamento deve estar englobada pelo polígono de montagem do Plano Topográfico Local, pois se observou que os marcos, com coordenadas de discrepâncias maiores, estão mais distantes em relação ao polígono origem do plano.

Caso fossem eliminados da análise os marcos PMSM-M07 e PMSM-M10 em razão da sua distância, em relação ao polígono utilizado na definição do Plano Topográfico Local, a média de discrepância horizontal total passaria de 0,039 metros para 0,013 metros e o erro médio quadrático de 0,049 metros para 0,012 metros, com aumento da exatidão média.

Tomando como referência a precisão do equipamento no modo cinemático e a distância em relação ao equipamento base tem-se que o erro devido o comprimento da linha base é de 0,035 metros e 0,033 metros para os marcos PMSM-M07 e PMSM-M10 respectivamente. De acordo com Alves (2008) o uso do RTK possui uma limitação, com o aumento da linha de base os resultados são deteriorados, pois os erros de ionosfera, troposfera e órbita dos satélites obtidos pelos usuários reduzem sua correlação, fato confirmado neste trabalho.

Mesmo que todos os métodos testados apresentem discrepância menor que o previsto na legislação para georreferenciamento, em trabalhos que visem atender a Lei 10.267, os técnicos devem seguir a Norma Técnica e, a atual norma não prevê transformação de coordenadas, conforme realizado neste trabalho, portanto, é necessária uma prévia consulta aos comitês regionais de certificação a fim de utilizar a integração testada.

4.5 Representação gráfica das discrepâncias horizontais em cada marco

Para facilitar a visualização da variação das discrepâncias horizontais obtidas por cada método em cada marco, foram realizadas as respectivas representações gráficas.

Na figura 14 é possível observar, as discrepâncias horizontais para o marco PMSM-M19 obtidas pelos quatro 4 métodos. As discrepâncias menores obtiveram-se com o método Transgeolocal e com o método Transformação Plana RTK.

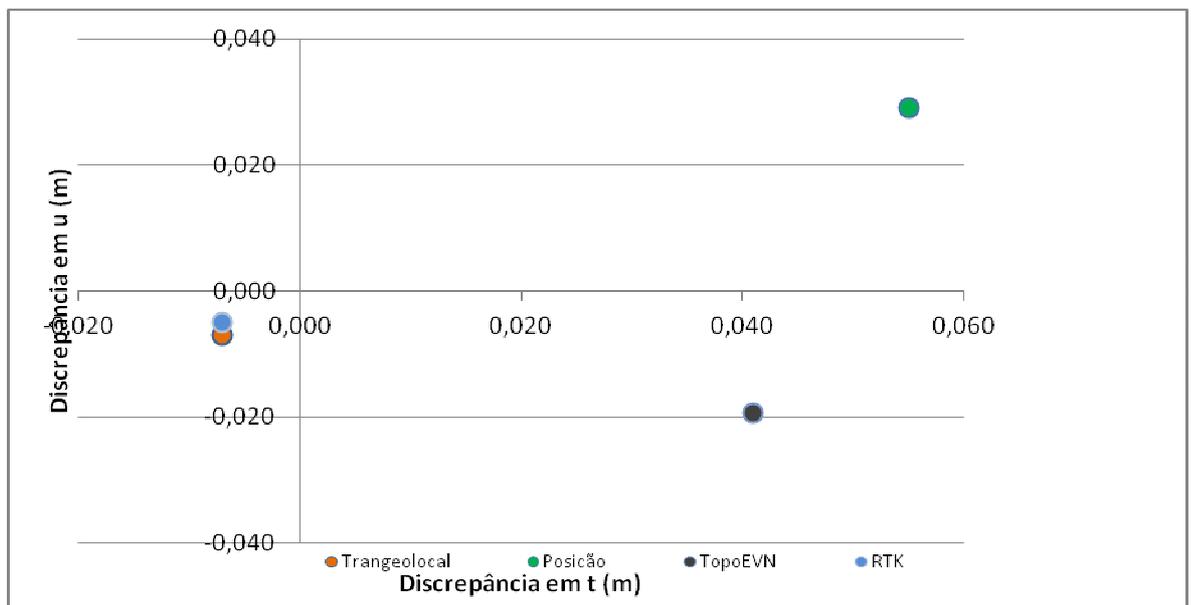


Figura 13 – Gráfico das discrepâncias horizontais no marco PMSM-M19

Na figura 15 é possível observar, que a menor discrepância horizontal total, para o marco PMSM-M20, correspondeu ao método Transgeolocal seguida pelo método RTK e, as maiores ao TopoEVN e ao Posição.

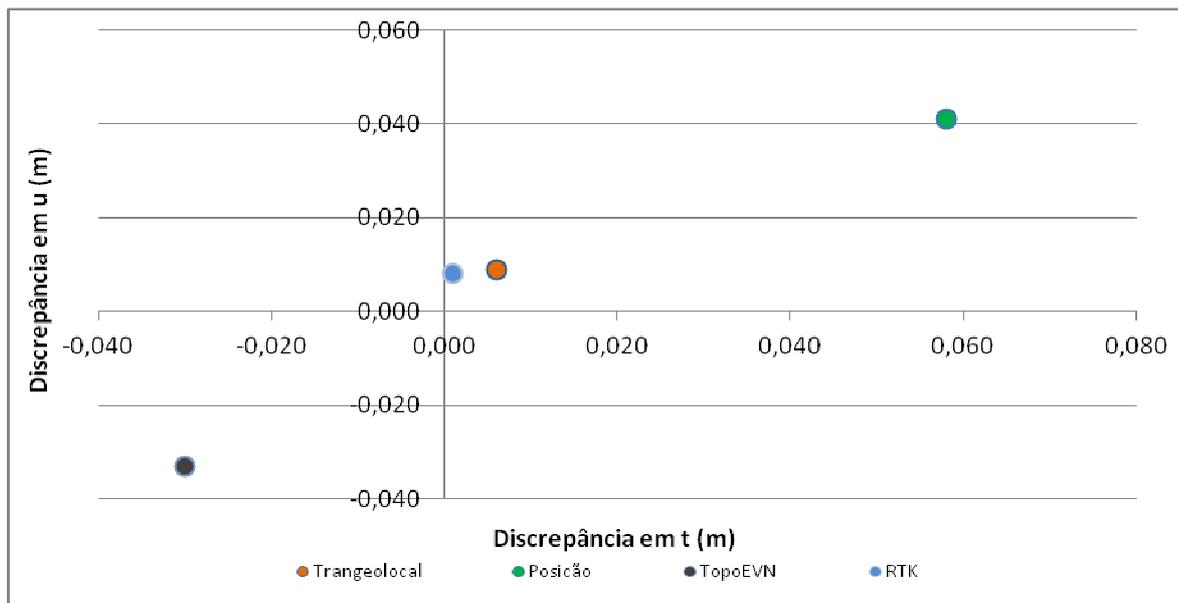


Figura 14 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco PMSM-M20

A figura 16 mostra as discrepâncias horizontais para o marco PMSM-M57. Nota-se que a maior discrepância horizontal total de 0,030 m correspondeu ao método TopoEVN.

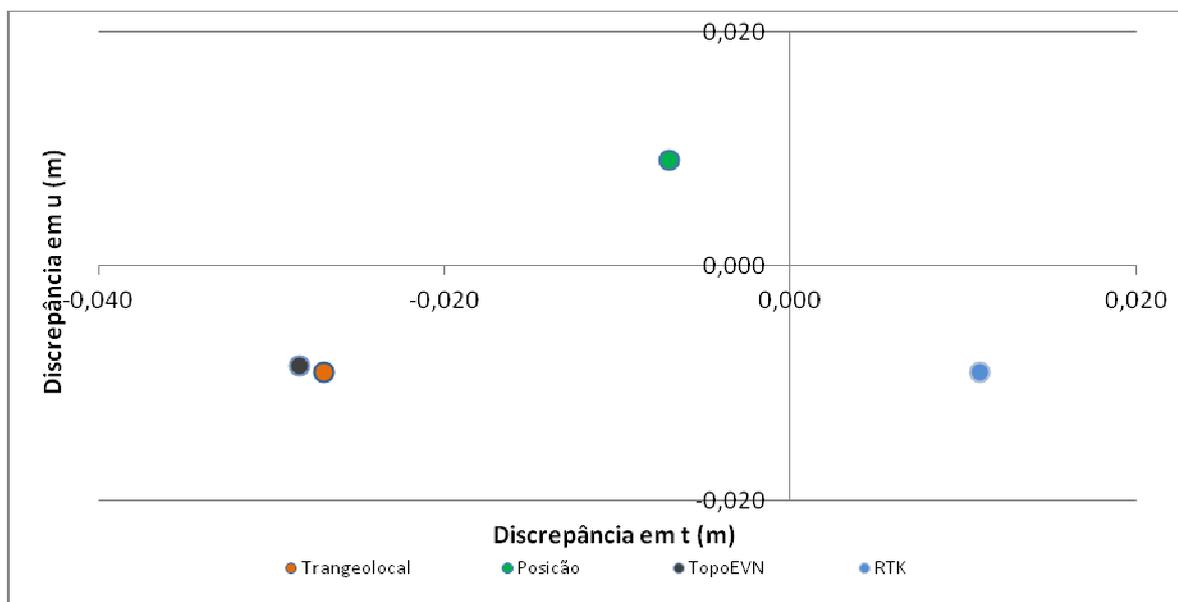


Figura 15 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco PMSM-M57

Na figura 17 estão representadas as discrepâncias horizontais para o marco IBGE-1792G. Ao comparar esta figura com as demais nota-se que os valores das discrepâncias em todos os métodos, são maiores, neste marco, do que nos outros. A maior diferença foi obtida com o método Posição, onde a discrepância horizontal total foi de 0,123 metros.

Observa-se, também, que neste marco, todas as discrepâncias em t e em u apresentam o mesmo sinal, o que seria um possível indicativo da presença de um erro sistemático na obtenção das suas coordenadas geodésicas. Erros que podem estar presentes no levantamento da Rede Municipal ou no levantamento realizado para este trabalho.

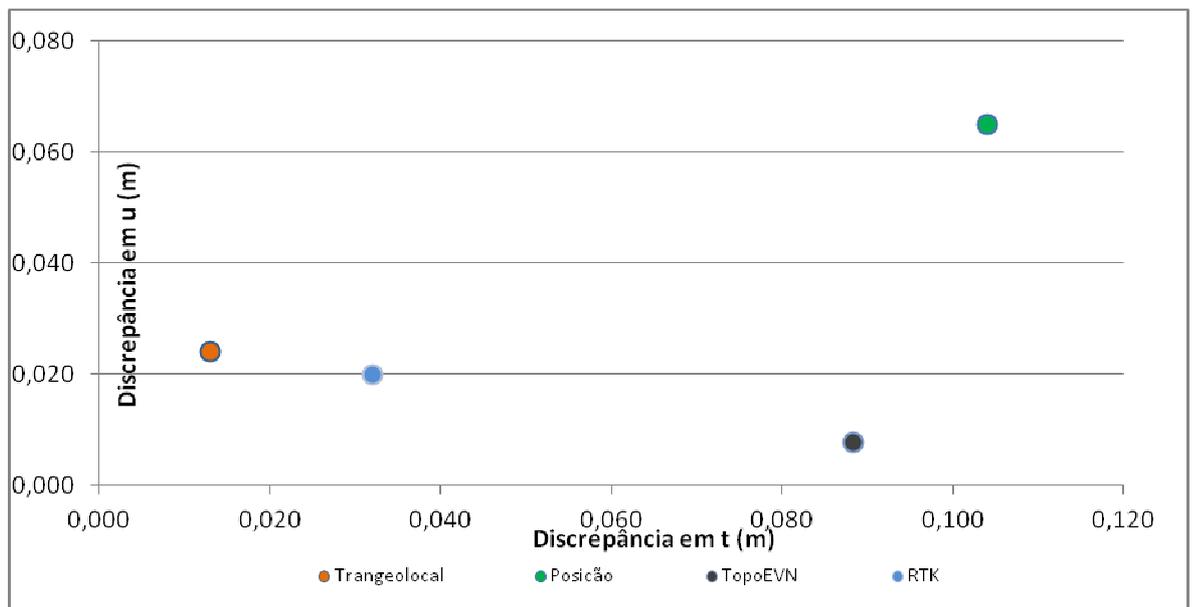


Figura 16 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco IBGE-1792G

A figura 18 mostra as discrepâncias horizontais no marco UFSM-M003. Nota-se, que corresponde, ao método Posição, a maior discrepância horizontal total, cujo valor foi de 0,118 metros.

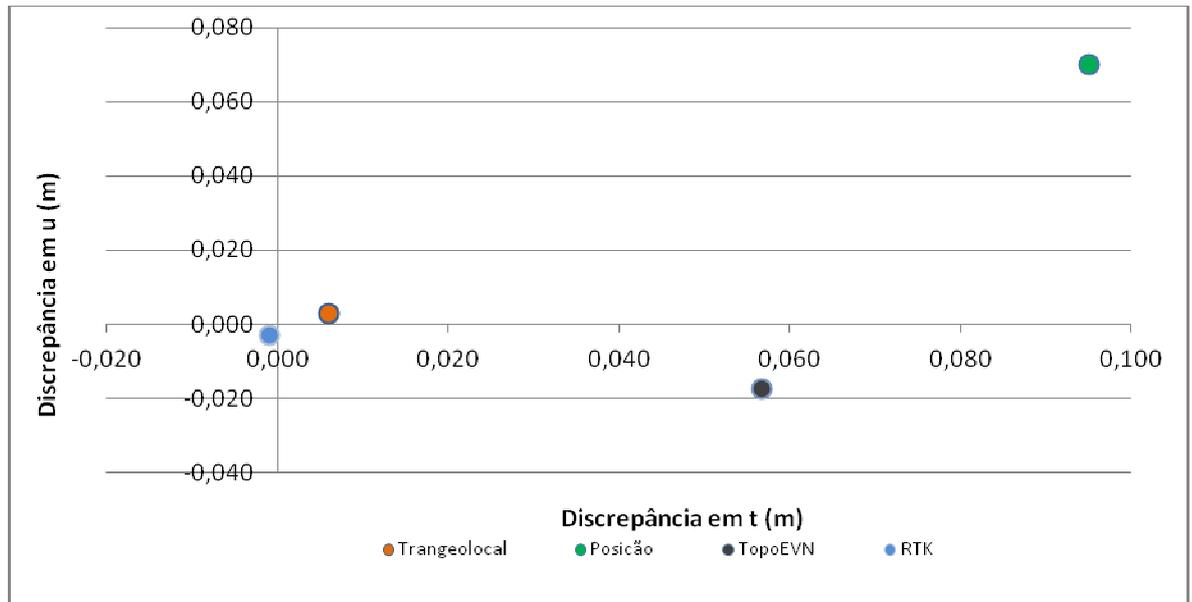


Figura 17 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco UFSM-M003

A figura 19 apresenta as discrepâncias horizontais para o marco UFSM-M19. A maior discrepância horizontal total correspondeu ao método Posição, cujo valor foi de 0,104 metros.

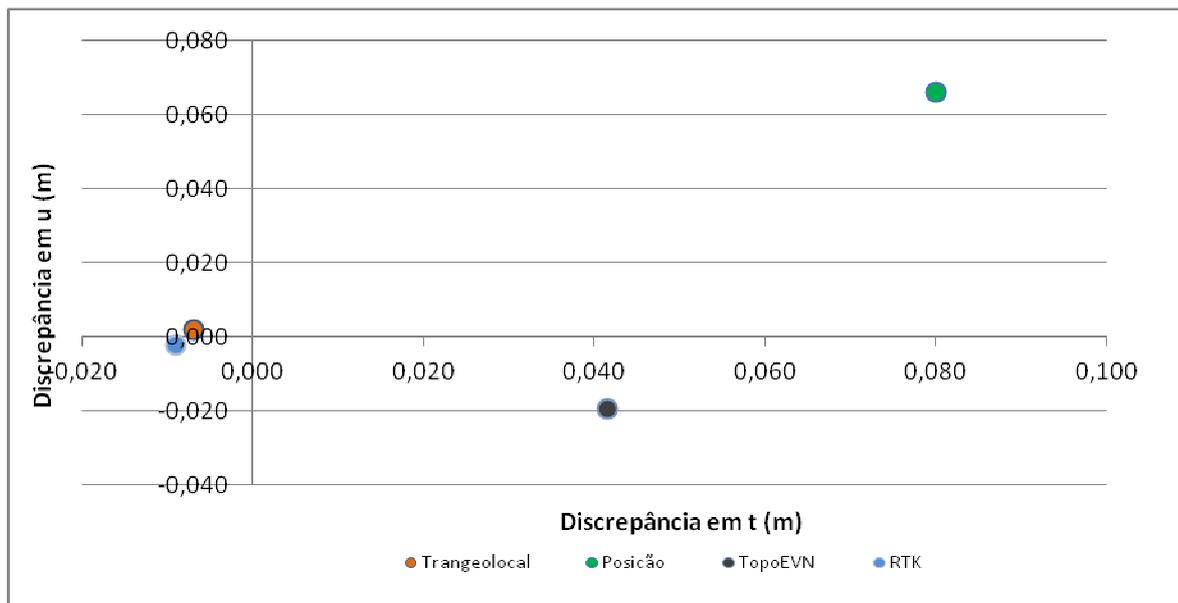


Figura 18 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco UFSM-M19

A figura 20 mostra as discrepância horizontais no marco PMSM-M07. Observa-se que a maior discrepância horizontal total obteve-se com o método Transformação Plana RTK, cujo valor foi de 0,128 metros, seguido pelo método Posição com 0,063 metros.

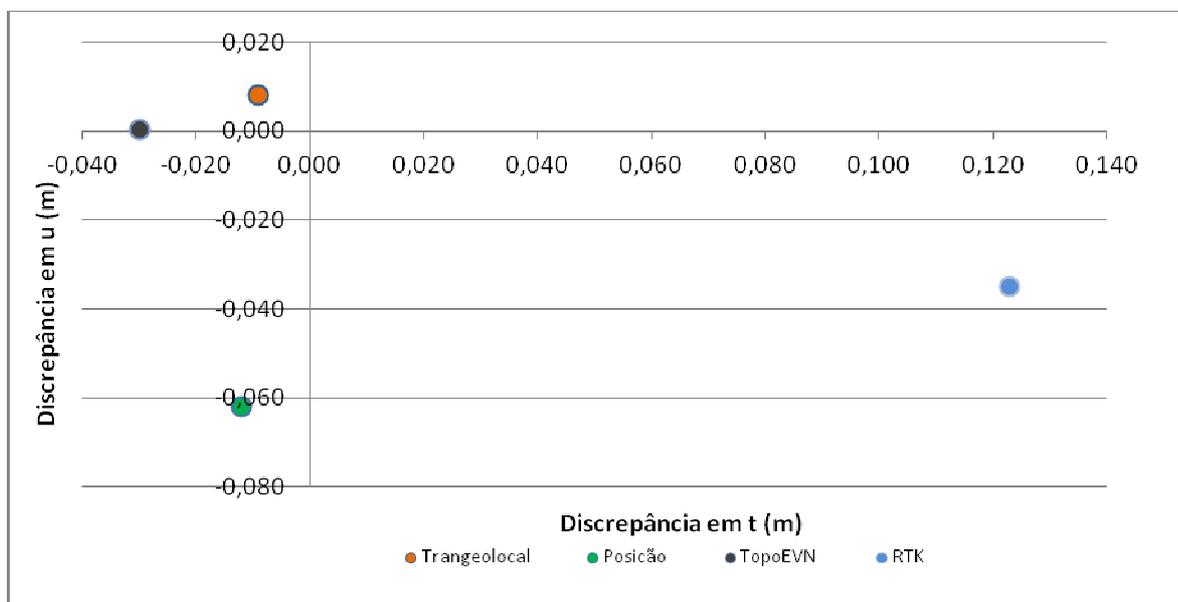


Figura 19 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco PMSM-M07

A figura 21 mostra as discrepâncias horizontais para o marco PMSM-M10. Nota-se que a maior discrepância horizontal total obteve-se com o método Transformação Plana RTK, cujo valor foi de 0,103 metros, seguido pelo método Posição com 0,055 metros.

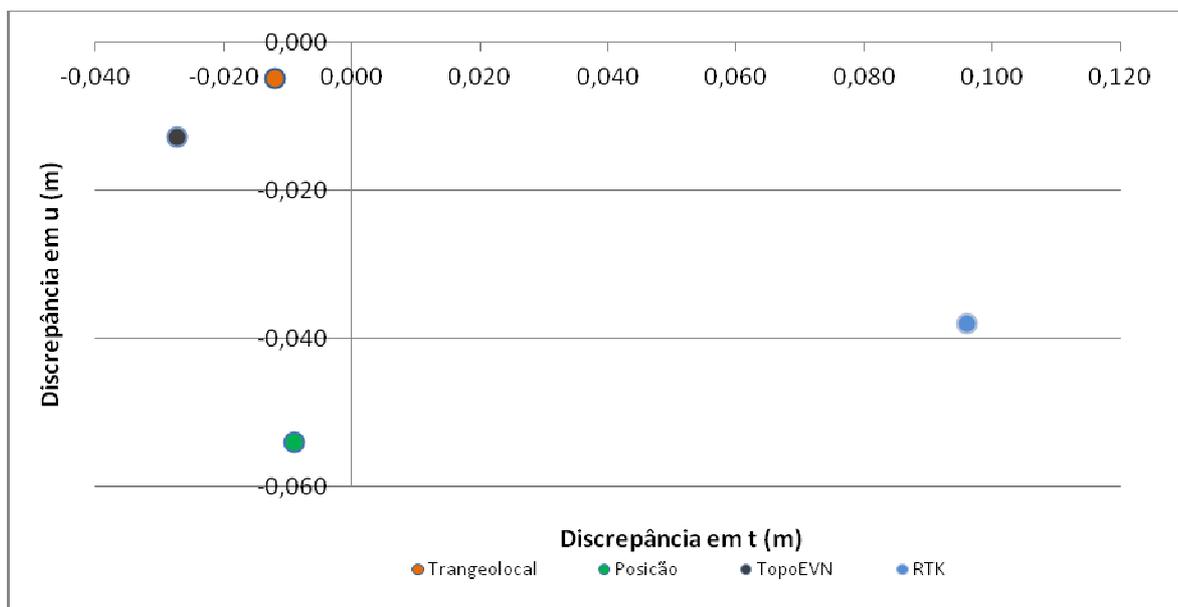


Figura 20 - Gráfico das discrepâncias horizontais no marco PMSM-M10

Observou-se, também, que o método Posição apresenta as maiores discrepâncias totais nos marcos que mais se afastam do marco de origem do plano topográfico local. Comportamento semelhante obteve-se com a Transformação Plana RTK e diferente aos métodos Transgeolocal e TopoEVN.

4.6 Tratamento estatístico dos dados

Após a aplicação do software Assistat e do teste t de Student aos dados obtidos pela aplicação dos quatro métodos de transformação de coordenadas e aos dados da Rede Municipal, chegou-se à Tabela 8.

Tabela 8 - Tabela da média dos tratamentos

Tratamento	Média
Transgeolocal	0,01438 a
RTK	0,03900 a
TopoEVN	0,04675 ab
Posição	0,07588 b

Na Tabela 8, as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5%, entre si.

Os melhores resultados, portanto, os que possuem discrepâncias menores, em relação aos dados oficiais, é o método Transgeolocal.

O método Transformação Pana RTK é o segundo melhor método, não diferindo estatisticamente do melhor método.

O método TopoEVN é o terceiro melhor método, não diferindo estatisticamente do melhor método e também não diferindo estatisticamente do pior método.

O pior método de transformação de coordenadas foi o método Posição, que difere estatisticamente do melhor e do segundo melhor, porém não difere estatisticamente do método TopoEVN (terceiro melhor método).

A discrepância mais recorrente, fornecida pela moda matemática, foi de 0,030 metros. Tal valor é compatível com o que estabelece a Norma de Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

5 CONCLUSÕES

A partir da aplicação dos métodos de transformação de coordenadas é possível concluir que:

Os distintos métodos de transformação de coordenadas geodésicas para coordenadas planas levam a resultados distintos entre eles.

O método Transgeolocal, que utiliza a matriz de rotação e translação, apresenta as menores discrepâncias horizontais em valores absolutos, seguido pelo método Transformação Plana RTK. O método TopoEVN, é o terceiro método em exatidão e, o que apresenta maiores discrepâncias horizontais é o método Posição.

Recomendam-se estudos para determinar a distância máxima, entre o polígono para definir o Plano Topográfico Local e o ponto a ser levantado, para aplicar o método de Transformação Plana RTK, sob pena de perda da qualidade dos dados na transformação de coordenadas.

Recomenda-se uma nova ocupação do marco IBGE-1792G e o cálculo de suas coordenadas, tendo em vista a presença de um possível erro no seu posicionamento, pois as discrepâncias planimétricas encontradas estão em ordem superior aos demais marcos.

Por último recomenda-se aplicar os quatro métodos de transformação de coordenadas em áreas em que a diferença de altitude, entre os pontos, seja superior a 150 metros.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14166, **Rede de Referência Cadastral Municipal** – Procedimento, Rio de Janeiro, 1998.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13133, **Execução de Levantamento Topográfico** – Procedimento, Rio de Janeiro, 1994.

AGUIRRE, A. J. **Notas de aula da disciplina de Fotogrametria Analógica e Digital A**. Curso de Pós-Graduação em Geomática. Universidade Federal de Santa Maria, 1º semestre de 2012.

ALVES, D. B. M. **Posicionamento GPS utilizando conceito de estação virtual**. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

ANDRADE, J. B. de. **Fotogrametria**. Curitiba, SDEE, 1998. 246p.

AUGUSTO, E. A. A; **Retificação de registro imobiliário e georreferenciamento** – Conchas, 2006.

BERNARDI, J. V. E. & LANDIM, P. M. B. **Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados**. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 10, 31 pp. 2002.
Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2012.

BISOGNIN, M. G. T. **Ajustamento de linha poligonal no elipsóide** – **Dissertação de mestrado**. UFSM, 2006.

BONIFACIO, M.B.; SEIXAS, A.; MARQUES DE SÁ, L.A.C. **A utilização de redes geodésicas para o cadastro rural**. In: 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Campo Grande, 2006.

BRASIL. Lei n. 10.257, de 10 de Julho de 2011. Regulamenta os artigos 182 e 183 da constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Casa civil Subchefia para Assuntos Jurídicos, disponível em** <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4504.htm>. Acesso em: 10 de outubro de 2011.

BRASIL. Lei n. 10.267, de 28 de agosto de 2001. Altera dispositivos das Leis nºs 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências. **Casa civil Subchefia para Assuntos Jurídicos, disponível em** <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10267.htm>. Acesso em: 10 de outubro de 2011.

BRUM, F. B. **Aplicação da transformação ortogonal no georreferenciamento com divisão de área – Dissertação de mestrado.** UFSM, 2008.

CAMARGO, P. O.; FLORENTINO, C; REDIVO, I. A. C. **Posicionamento relativo cinemático com receptor de navegação garmin GPS 12XL.** Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC, Florianópolis, 2004.

CARNEIRO, A. F. T; **Cadastro e registro de imóveis em áreas rurais e urbanas: A lei 10.267/2001 e experiências nos municípios de São Paulo e Santo André.** Revista Brasileira de Cartografia, nº 53, pp. 73-81. Dezembro, 2001.

CARNEIRO, A. F. T; **Intercâmbio entre cadastro e registro de imóveis no Brasil.** I Congresso Ibero-americano de cadastro no Peru, 2006.

DAL'FORNO, G. L.; ANTONIAZZI, R. L; STRIEDER, A.J.; AGUIRRE, A. J.. **Programa computacional para la Transformación de Coordenadas Geodésicas Geocéntricas en Coordenadas Topográficas Locales y el Proceso Inverso.** In: X congreso Argentino y VII Latinoamericano de Agrimensura, 2008, Santa Fé. Anais Digital del X congreso Argentino y VII Latinoamericano de Agrimensura, 2008.

DAL'FORNO, G.L.; AGUIRRE, A.J.; HILLEBRAND, F.L.; GREGORIO, F.V. 2010; **Transformação de coordenadas geodésicas em coordenadas no plano topográfico local pelos métodos da norma NBR 14166:1998 e o de rotações e translações.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, 2010.

DINIZ, F.C; NICACIO JUNIOR, E.L; **Determinação de intersecção de linhas geodésicas.** Instituto Militar e Engenharia. Rio de Janeiro, 2009.

ESPARTEL, L; **Curso de topografia – 1º edição** – Porto Alegre: Editora Globo, 1970.

IBGE – **Resolução PR nº 23**, de 21 de janeiro de 1989, acesso internet em 10 de outubro de 2011.

IBGE – **Resolução PR nº 01**, de 25 de fevereiro de 2005. Acesso em 10 de outubro 2011.

INPE; **GPS para iniciantes.** In: Mini Curso do simpósio Brasileiro de Sensoriamento. Belo Horizonte, 2003.

JUNIOR, G. S. **Utilização da integral elíptica para a solução de problemas direto e inverso da geodésia.** Boletim de ciências geodésicas, Curitiba. V.7 nº 2, p.116-117, 2001.

MONICO, J. F. G; **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações – 2º edição** – São Paulo: Editora UNESP, 2008.

MONICO, J. F. G et al. **Acurácia e precisão, revendo os conceitos de forma acurada**. Boletim de ciências geodésicas, Curitiba. V.15 n° 3, p.469-483, 2009.

PAIVA, J. P. L; **Panorama histórico do registro de imóveis no Brasil**. Seção Novidades. Disponível em: <http://www.lamanapaiva.com.br/mostra_novidades.php?id_novidades=85&id_noticias_area=1>. Acesso em: 03 de setembro de 2013.

PESTANA, A; **Elementos de geodésia – versão 2.13** – Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2008.

ROMÃO, V.M.C.; SILVA, T.F.; SILVA, A.S. **A Lei 10.267 e a Norma 14.166: Procedimentos para o Georeferenciamento**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 2002.

SAATKAMP, E. D. **Elementos de geodésia**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2006.

SANTOS JUNIOR, G. **Utilização da Integral elíptica para a solução dos problemas direto e inverso da geodésia**. In: Boletim de ciências geodésicas, Curitiba, v.7, n° 2, p116-117 2001.

SEEBER, G. (2003). **Satellite Geodesy**. Berlin: de Gruyter.

TANAJURA, E. L. X.; KRUEGER, C. P; GONÇALVES, R. M. **Análise da acurácia dos métodos cinemáticos de posicionamento GPS em aplicações costeiras**. Boletim de ciências geodésicas, Curitiba. V.17 n° 1, p.23-36, jan-marc, 2011.

ZAS, L. R. T. **Comparação de procedimentos para integração de levantamentos topográficos e levantamentos com GPS – Dissertação de mestrado**. UFSM, 2009.

Site:<http://www.ibge.gov.br> Acesso em: 15 de dezembro de 2012.

Site:<http://www.santamaria.rs.gov.br/>. Acesso 15 de dezembro de 2012.

Site:<ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/Informativo1.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2011.

Site:<http://www.manfra.com.br/>. Acesso em 15 de dezembro de 2012.

Site:<http://www.ibge.gov.br> Acesso em: 15 de dezembro de 2012.

Site:<http://www.santamaria.rs.gov.br/>. Acesso 15 de dezembro de 2012.

Site:<ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/Informativo1.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2011.

Site:<http://www.manfra.com.br/>. Acesso em 15 de dezembro de 2012.

ANEXOS

Anexo 1 - Monografia do marco de origem PMSM-M17

	<p>Estado do Rio Grande do Sul Prefeitura Municipal de Santa Maria Rede Geodésica Municipal Monografia de Marco Geodésico</p>	
---	--	---

Marco Geodésico: PMSM-M17	Receptor: Sokkia GRX1	Data de ocupação: jan / 2011
----------------------------------	-----------------------	------------------------------

Localização: O Marco Geodésico PMSM-M17 está localizado no recuo de jardim do prédio do Centro Administrativo – Prefeitura Municipal de Santa Maria, na Rua Venâncio Aires n° 2.277, Bairro Centro.

Descrição da Materialização: Marco de concreto no formato tronco piramidal, enterrado no solo com base de proteção de concreto, contendo no topo uma chapa de bronze onde está estampado o número do marco.

S I R G A S 2 0 0 8	COORDENADAS ELIPSOIDAIS	PRECISÕES (m)	COORDENADAS NO PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL	
	Latitude (φ) = 29° 41' 06,42220" S	$\hat{\delta} (\varphi) = 0,002$	X (m) = 150.000,000	
	Longitude (λ) = 53° 48' 12,19203" W	$\hat{\delta} (\lambda) = 0,002$	Y (m) = 250.000,000	
	Altitude (h) = 135,835 m	$\hat{\delta} (h) = 0,007$	ALTITUDE ORTOMÉTRICA (H) – Datum Imituba - SC	
	COORDENADAS PLANAS UTM (m)		H (m) = 126,325	Fonte: MAPGE0 2010
	N = 6.712.816,961	E = 228.714,791	CONEXÃO:	
	Meridiano central: 51° W		Considerações: - Foi utilizado o marco PMSM-M17 situado em frente ao Centro Administrativo como origem do Plano Topográfico Local (Xo = 150.000,00; Yo = 250.000,00). - As altitudes ortométricas possuem diferentes níveis de precisão, de acordo com a fonte de sua determinação: MAPGE0 2010 (± 7 m) e nivelamento geométrico (± 2 mm)	
	Fator K: 1,000508080	Conv. Meridiana: 01° 23' 21,044889"		
	COORDENADAS PLANAS LTM (m)			
	N = 1.714.769,212	E = 170.635,453		
Meridiano central: 53° 30' W				

Foto



Croqui de Localização



Execução:



Equipe Técnica:

- Tec. em Geom. Guilherme Coelho de Pellegrini
 - Tec. em Geom. Sidiano Stefanello Batistella
 - Tec. em Geom. Ricardo Leal Cruz
- Resp. Técnico: Eng° Agr. e Tec. em Geom. Antônio Langendolff

Presidente do ECSM: Julio Francisco Beck Rasquin

Prefeito Municipal: Cezar Augusto Schirmer

Anexo 2 - Relatório de ajustamento das observações do Software Leica Geo Office 8.3

Projeto:	TCC
Sistema de Coordenada:	SIRGAS 2000
Meridiano Central:	51° WGr
Nível de confiança:	68%
Base para correção:	UFSM-M031
Leica Geo Office 8.2	



Id Ponto	Classe do Ponto	Subclasse do Ponto	Data/Hora	Latitude	Longitude	Este	Norte	Alt. Elip.
PMSM-M07	Medido	Fase Fixa	25/11/2012 09:04	29° 42' 26.94525" S	53° 52' 26.05062" O	221.949,671	6.710.169,336	117,2662
PMSM-M10	Medido	Fase Fixa	25/11/2012 08:50	29° 42' 25.31442" S	53° 51' 07.98564" O	224.047,320	6.710.271,582	116,6451
PMSM-M19	Medido	Fase Fixa	25/11/2012 09:56	29° 42' 08.96689" S	53° 42' 55.53176" O	237.275,419	6.711.094,071	100,0816
PMSM-M20	Medido	Fase Fixa	25/11/2012 08:24	29° 42' 22.85723" S	53° 44' 23.52697" O	234.919,707	6.710.610,444	122,732
PMSM-M57	Medido	Fase Fixa	25/11/2012 09:25	29° 42' 28.54093" S	53° 46' 49.17066" O	231.008,212	6.710.341,852	135,7734
IBGE-1792G	Medido	Fase Fixa	25/11/2012 09:43	29° 42' 08.30442" S	53° 41' 40.63179" O	239.288,698	6.711.161,616	90,1803
UFSM-M03	Medido	Fase Fixa	25/11/2012 10:22	29° 42' 55.06026" S	53° 42' 56.69392" O	237.277,543	6.709.673,828	97,2515
UFSM-M19	Medido	Fase Fixa	25/11/2012 10:12	29° 42' 56.55129" S	53° 43' 06.79120" O	237.007,182	6.709.621,524	97,8743
Dp. Este	Dp. Norte	Dp. Altura	Qld. Pos.	Qld. Alt.	Semi-eixo maior (a)	Semi-eixo menor (b)	Orientação (Phi)	
0,0004	0,0004	0,0011	0,0006	0,0011	0,0004	0,0003	- 14° 05' 33.0"	
0,0003	0,0002	0,0007	0,0004	0,0007	0,0003	0,0002	- 15° 33' 18.0"	
0,0002	0,0001	0,0005	0,0002	0,0005	0,0002	0,0001	19° 16' 14.5"	
0,0068	0,0064	0,0167	0,0094	0,0167	0,0069	0,0064	- 23° 40' 34.3"	
0,0003	0,0003	0,0008	0,0004	0,0008	0,0003	0,0003	- 1° 50' 59.8"	
0,0006	0,0005	0,0017	0,0007	0,0017	0,0006	0,0005	15° 27' 42.0"	
0,0002	0,0002	0,0005	0,0003	0,0005	0,0002	0,0001	22° 03' 21.9"	
0,0002	0,0002	0,0005	0,0003	0,0005	0,0002	0,0001	21° 52' 55.3"	

Anexo 3 - Monografias dos marcos utilizados no trabalho

 <p>escritório da cidade</p>	<p>Estado do Rio Grande do Sul Prefeitura Municipal de Santa Maria Rede Geodésica Municipal Monografia de Marco Geodésico</p>	
--	--	---

Marco Geodésico: PMSM-M07	Receptor: Sokkia GRX1	Data de ocupação: out / 2010
<p>Localização: O Marco Geodésico PMSM-M07 está localizado no trevo de acesso a COHAB Tancredo Neves, no entroncamento da Rodovia BR 158 com a Avenida Paulo Lauda, no Bairro Tancredo Neves.</p>		
<p>Descrição da Materialização: Marco de concreto no formato tronco piramidal, enterrado no solo com base de proteção de concreto, contendo no topo uma chapa de bronze onde está estampado o número do marco.</p>		

S I R G A S 2 0 1 0	COORDENADAS ELIPSOIDAIS		PRECISÕES (m)		COORDENADAS NO PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL	
	Latitude (φ) = 29° 42' 26,94550" S		$\hat{\delta}(\varphi) = 0,002$		X (m) = 143.176,168	
	Longitude (λ) = 53° 52' 26,05025" W		$\hat{\delta}(\lambda) = 0,002$		Y (m) = 247.518,488	
	Altitude (h) = 117,303 m		$\hat{\delta}(h) = 0,004$		ALTITUDE ORTOMÉTRICA (H) – Datum Imbituba - SC	
	COORDENADAS PLANAS UTM (m)				H (m) = 107,673 Fonte: MAPGEO 2010	
	N = 6.710.169,328		E = 221.949,681			
	Meridiano central: 51° W				CONEXÃO: Considerações: - Foi utilizado o marco PMSM-M17 situado em frente ao Centro Administrativo como origem do Plano Topográfico Local ($X_0 = 150.000,00$; $Y_0 = 250.000,00$). - As altitudes ortométricas possuem diferentes níveis de precisão, de acordo com a fonte de sua determinação: MAPGEO 2010 ($\pm 7\text{cm}$) e nivelamento geométrico ($\pm 2\text{mm}$)	
	Fator K: 1,000553933		Conv. Meridiana: 01° 25' 30,509838"			
	COORDENADAS PLANAS LTM (m)					
	N = 1.712.269,832		E = 163.818,222			
Meridiano central: 53° 30' W						

Foto



Croqui de Localização



<p>Execução:</p> 	<p>Equipe Técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tec. em Geom. Guilherme Coelho de Pellegrini - Tec. em Geom. Sidiano Stefanello Batistella - Tec. em Geom. Ricardo Leal Cruz <p>Resp. Técnico: Eng^o Agr. e Tec. em Geom. Antônio Langendolff</p>
---	---

Presidente do ECSM: Julio Francisco Beck Rasquin

Prefeito Municipal: Cezar Augusto Schirmer



Estado do Rio Grande do Sul
Prefeitura Municipal de Santa Maria
Rede Geodésica Municipal
Monografia de Marco Geodésico



Marco Geodésico: PMSM-M10	Receptor: Sokkia GRX1	Data de ocupação: out / 2010
Localização: O Marco Geodésico PMSM-M10 está localizado na rótula do trevo de acesso aos quartéis no entroncamento da Rodovia BR 158 com a Rua Capitão Vasco Amaro da Cunha.		
Descrição da Materialização: Marco de concreto no formato tronco piramidal, enterrado no solo com base de proteção de concreto, contendo no topo uma chapa de bronze onde está estampado o número do marco.		

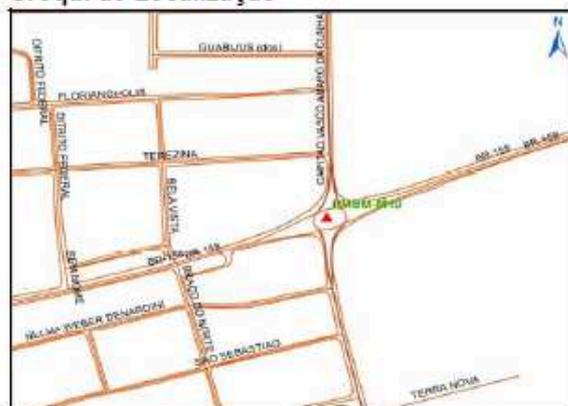
S I R G A S 2 0 0 0	COORDENADAS ELIPSOIDAIS		PRECISÕES (m)
	Latitude (φ) = 29° 42' 25,31424" S		δ (φ) = 0,002
	Longitude (λ) = 53° 51' 07,98519" W		δ (λ) = 0,002
	Altitude (h) = 116,648 m		δ (h) = 0,004
	COORDENADAS PLANAS UTM (m)		
	N = 6.710.271,588		E = 224.047,332
	Meridiano central: 51° W		
	Fator K: 1,000539593		Conv. Meridiana: 01° 24' 51,878356"
	COORDENADAS PLANAS LTM (m)		
	N = 1.712.326,650		E = 165.916,468
Meridiano central: 53° 30' W			

COORDENADAS NO PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL	
X (m) = 145.274,574	
Y (m) = 247.569,799	
ALTITUDE ORTOMÉTRICA (H) – Datum Imbituba - SC	
H (m) = 107,058	Fonte: MAPGEO 2010
CONEXÃO: PMSM-M24	
Considerações: - Foi utilizado o marco PMSM-M17 situado em frente ao Centro Administrativo como origem do Plano Topográfico Local ($X_0 = 150.000,00$; $Y_0 = 250.000,00$). - As altitudes ortométricas possuem diferentes níveis de precisão, de acordo com a fonte de sua determinação: MAPGEO 2010 ($\pm 7\text{cm}$) e nivelamento geométrico ($\pm 2\text{mm}$)	

Foto



Croqui de Localização



Execução:



Equipe Técnica:

- Tec. em Geom. Guilherme Coelho de Pellegrini
 - Tec. em Geom. Sidiano Stefanello Batistella
 - Tec. em Geom. Ricardo Leal Cruz
- Resp. Técnico: Eng^o Agr. e Tec. em Geom. Antônio Langendoff

Presidente do ECSM: Julio Francisco Beck Rasquin

Prefeito Municipal: Cezar Augusto Schirmer

Marco Geodésico: PMSM-M19	Receptor: Sokkia GRX1	Data de ocupação: out / 2010
Localização: O Marco Geodésico PMSM-M19 está localizado na rótula que dá acesso à UFSM, no entroncamento da Avenida Prefeito Evandro Behr (Rodovia RS 509) com a Avenida Roraima, no Bairro Camobi.		
Descrição da Materialização: Marco de concreto no formato tronco piramidal, enterrado no solo com base de proteção de concreto, contendo no topo uma chapa de bronze onde está estampado o número do marco.		

SIRGAS 2000	COORDENADAS ELIPSOIDAIS	PRECISÕES (m)	COORDENADAS NO PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL		
	Latitude (φ) = 29° 42' 08,96665" S	δ (φ) = 0,002	X (m) = 158.512,386		
	Longitude (λ) = 53° 42' 55,53148" W	δ (λ) = 0,002	Y (m) = 248.070,933		
	Altitude (h) = 100,074 m	δ (h) = 0,004	ALTITUDE ORTOMÉTRICA (H) – Datum Imbituba - SC		
	COORDENADAS PLANAS UTM (m)		H (m) = 90,664	Fonte: MAPGEO 2010	
	N = 6.711.094,079	E = 237.275,426	CONEXÃO: PMSM-M25		
	Meridiano central: 51° W		Considerações: - Foi utilizado o marco PMSM-M17 situado em frente ao Centro Administrativo como origem do Plano Topográfico Local (Xo = 150.000,00; Yo = 250.000,00).		
	Fator K: 1,000451688	Conv. Meridiana: 01° 20' 48,520520"	- As altitudes ortométricas possuem diferentes níveis de precisão, de acordo com a fonte de sua determinação: MAPGEO 2010 (\pm 7cm) e nivelamento geométrico (\pm 2mm)		
	COORDENADAS PLANAS LTM (m)				
	N = 1.712.862,503	E = 179.152,763			
Meridiano central: 53° 30' W					

Foto



Croqui de Localização



Execução:



Equipe Técnica:

- Tec. em Geom. Guilherme Coelho de Pellegrini
- Tec. em Geom. Sidiano Stefanello Batistella
- Tec. em Geom. Ricardo Leal Cruz
- Resp. Técnico: Eng° Agr. e Tec. em Geom. Antônio Langendolff

Presidente do ECSM: Julio Francisco Beck Rasquin

Prefeito Municipal: Cezar Augusto Schirmer

Marco Geodésico: PMSM-M20	Receptor: Sokkia GRX1	Data de ocupação: nov / 2010
Localização: O Marco Geodésico PMSM-M20 está localizado próximo a entrada para o Loteamento Novo Horizonte, entre a Rodovia RST 287 e a Rua Edmar Behr, no Bairro Camobi.		
Descrição da Materialização: Marco de concreto no formato tronco piramidal, enterrado no solo com base de proteção de concreto, contendo no topo uma chapa de bronze onde está estampado o número do marco.		

S I R G A S 2 0 1 0	COORDENADAS ELIPSOIDAIS		PRECISÕES (m)	COORDENADAS NO PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL		
	Latitude (φ) = 29° 42' 22,85744" S		δ (φ) = 0,002	X (m) = 156.146,707		
	Longitude (λ) = 53° 44' 23,52680" W		δ (λ) = 0,002	Y (m) = 247.644,755		
	Altitude (h) = 122,699 m		δ (h) = 0,007	ALTITUDE ORTOMÉTRICA (H) – Datum Imituba - SC		
	COORDENADAS PLANAS UTM (m)				H (m) = 113,259	
	N = 6.710.610,438		E = 234.919,712		Fonte: MAPGEO 2010	
	Meridiano central: 51° W					
	Fator K: 1,000467009		Conv. Meridiana: 01° 21' 30,774737"			
	COORDENADAS PLANAS LTM (m)				CONEXÃO:	
	N = 1.712.430,135		E = 176.788,222		Considerações: - Foi utilizado o marco PMSM-M17 situado em frente ao Centro Administrativo como origem do Plano Topográfico Local (Xo = 150.000,00; Yo = 250.000,00). - As altitudes ortométricas possuem diferentes níveis de precisão, de acordo com a fonte de sua determinação: MAPGEO 2010 (\pm 7cm) e nivelamento geométrico (\pm 2mm)	
Meridiano central: 53° 30' W						

Foto



Croqui de Localização



Execução:



Equipe Técnica:

- Tec. em Geom. Guilherme Coelho de Pellegrini
- Tec. em Geom. Sidiano Stefanello Batistella
- Tec. em Geom. Ricardo Leal Cruz
- Resp. Técnico: Eng° Agr. e Tec. em Geom. Antônio Langendolff

Presidente do ECSM: Julio Francisco Beck Rasquin

Prefeito Municipal: Cezar Augusto Schirmer



ESCRITÓRIO DA CIDADE
PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA - RS
REDE DE VÉRTICES GEODÉSICOS

Ciente: ESCRITÓRIO DA CIDADE **Município:** SANTA MARIA
Objeto: LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO PARA O MUNICÍPIO DE SANTA MARIA - RS **Estado:** RIO GRANDE DO SUL
Data: SETEMBRO/2012

Vértice	COORDENADAS GEODÉSICAS			COORDENADAS UTM (FUSO -22S)						
	Sistema de Referência	Latitude	Longitude	Norte(m)	σ	Este(m)	σ	Altitude Geom.	σ	Altitude Ortométrica
M57	SIRGAS2000	S29°42'28,54151"	O53°46'49,17030"	6710341,835	0,003	231008,222	0,003	135,838	0,010	126,208
	SAD69	S29°42'26,78914"	O53°46'47,23426"	6710385,660		231058,000		131,327		
	LOCAL	-	-	247471,216		152231,682		-		

Origem Planialtimétrica: SAT91986; SAT92013 (SMAR)
Datum Vertical: Imbituba-SC.
Classe de Nivelamento: MODELO GEOIDAL LOCAL



Itinerário: Partindo-se do Auto Posto Ipiranga localizado no trevo Castelinho entre a BR-158 e a RS-509, no Município de Santa Maria-RS, segue-se 1.82 km pela BR-158 com sentido a Rodoviária Municipal, até um trevo. Deste segue-se à esquerda 1.49 km até o local onde o vértice M57 foi implantado.

Características: Formato tronco-piramidal, medindo 18cm x 30cm x 60cm (base superior, base inferior e altura) e base de 50cm x 50cm.
 Executado por:
Topocart Topografia, Engenharia e Aerolevanteamento S/S Ltda.
 Site: www.topocart.com.br



Estado do Rio Grande do Sul
 Prefeitura Municipal de Santa Maria
 Rede Geodésica Municipal
 Monografia de Marco Geodésico



Marco Geodésico: IBGE-1792G	Receptor: Sokkia GRX1	Data de ocupação: out / 2010
Localização: O Marco Geodésico IBGE-1792G está localizado na entrada da Base Aérea de Santa Maria – BASM, na RST 287, no Bairro Camobi.		
Descrição da Materialização: Marco de concreto no formato tronco piramidal, enterrado no solo com base de proteção de concreto, contendo no topo uma chapa de bronze onde está estampado o número do marco.		

S I R G A S 2 0 1 0	COORDENADAS ELIPSOIDAIS		PRECISÕES (m)		COORDENADAS NO PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL		
	Latitude (ϕ) = 29° 42' 08,30517" S		δ (ϕ) = 0,002		X (m) = 160.525,808		
	Longitude (λ) = 53° 41' 40,63230" W		δ (λ) = 0,002		Y (m) = 248.089,592		
	Altitude (h) = 90,224 m		δ (h) = 0,004		ALTITUDE ORTOMÉTRICA (H) – Datum Imbituba - SC		
	COORDENADAS PLANAS UTM (m)				H (m) = 80,8163		Fonte: Niv. geométrico/ IBGE
	N = 6.711.161,593		E = 239.288,685		CONEXÃO:		
	Meridiano central: 51° W				Considerações: - Foi utilizado o marco PMSM-M17 situado em frente ao Centro Administrativo como origem do Plano Topográfico Local (Xo = 150.000,00; Yo = 250.000,00).		
	Fator K: 1,000438864		Conv. Meridiana: 01° 20' 09,317791"		- As altitudes ortométricas possuem diferentes níveis de precisão, de acordo com a fonte de sua determinação: MAPGEO 2010 (\pm 7cm) e nivelamento geométrico (\pm 2mm)		
	COORDENADAS PLANAS LTM (m)						
	N = 1.712.886,440		E = 181.166,115				
Meridiano central: 53° 30' W							

Foto



Croqui de Localização



Execução:



Equipe Técnica:

- Tec. em Geom. Guilherme Coelho de Pellegrini
 - Tec. em Geom. Sidiano Stefanello Batistella
 - Tec. em Geom. Ricardo Leal Cruz
- Resp. Técnico: Eng° Agr. e Tec. em Geom. Antônio Langendolff

Presidente do ECSM: Julio Francisco Beck Rasquin

Prefeito Municipal: Cezar Augusto Schirmer

Marco Geodésico: UFSM-M003	Receptor: Sokkia GRX1	Data de ocupação: out / 2010
Localização: O Marco Geodésico UFSM-M003 está localizado junto ao canteiro central da Avenida Principal, na esquina que dá acesso a Biblioteca Central, no Campus Universitário da UFSM, no Bairro Camobi.		
Descrição da Materialização: Marco de concreto no formato tronco piramidal, enterrado no solo com base de proteção de concreto, contendo no topo uma chapa de bronze onde está estampado o número do marco.		

S I R G A S 2 0 0 0	COORDENADAS ELIPSOIDAIS	PRECISÕES (m)	COORDENADAS NO PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL	
	Latitude (φ) = 29° 42' 55,06037" S	$\hat{\sigma}(\varphi) = 0,002$	X (m) = 158.480,053	
	Longitude (λ) = 53° 42' 56,69411" W	$\hat{\sigma}(\lambda) = 0,002$	Y (m) = 246.651,665	
	Altitude (h) = 97,246 m	$\hat{\sigma}(h) = 0,004$	ALTITUDE ORTOMÉTRICA (H) – Datum Imituba - SC	
	COORDENADAS PLANAS UTM (m)		H (m) = 87,8372	Fonte: Niv. geométrico/ ENG+
	N = 6.709.673,824	E = 237.277,538	CONEXÃO: UFSM-M019	
	Meridiano central: 51° W		Considerações: - Foi utilizado o marco PMSM-M17 situado em frente ao Centro Administrativo como origem do Plano Topográfico Local ($X_o = 150.000,00$; $Y_o = 250.000,00$). - As altitudes ortométricas possuem diferentes níveis de precisão, de acordo com a fonte de sua determinação: MAPGEO 2010 ($\pm 7cm$) e nivelamento geométrico ($\pm 2mm$)	
	Fator K: 1,000451852	Conv. Meridiana: 01° 20' 48,995565"		
	COORDENADAS PLANAS LTM (m)			
	N = 1.711.443,175	E = 179.124,159		
Meridiano central: 53° 30' W				

Foto



Croqui de Localização



Execução:



Equipe Técnica:

- Tec. em Geom. Guilherme Coelho de Pellegrini
 - Tec. em Geom. Sidiano Stefanello Batistella
 - Tec. em Geom. Ricardo Leal Cruz
- Resp. Técnico: Eng° Agr. e Tec. em Geom. Antônio Langendolff

Presidente do ECSM: Julio Francisco Beck Rasquin

Prefeito Municipal: Cezar Augusto Schirmer



Estado do Rio Grande do Sul
Prefeitura Municipal de Santa Maria
Rede Geodésica Municipal
Monografia de Marco Geodésico



Marco Geodésico: UFSM-M019	Receptor: Sokkia GRX1	Data de ocupação: out / 2010
Localização: O Marco Geodésico UFSM-M019 está localizado ao lado do passeio na esquina próxima ao prédio da FATEC, no Campus Universitário da UFSM, no Bairro Camobi.		
Descrição da Materialização: Marco de concreto no formato tronco piramidal, enterrado no solo com base de proteção de concreto, contendo no topo uma chapa de bronze onde está estampado o número do marco.		

S I R G A S 2 0 0 0	COORDENADAS ELIPSOIDAIS		PRECISÕES (m)	
	Latitude (φ) = 29° 42' 56,55134" S		δ (φ) = 0,002	
	Longitude (λ) = 53° 43' 06,79092" W		δ (λ) = 0,002	
	Altitude (h) = 97,855 m		δ (h) = 0,004	
	COORDENADAS PLANAS UTM (m)			
	N = 6.709.621,522		E = 237.007,190	
	Meridiano central: 51° W			
	Fator K: 1,000453405		Conv. Meridiana: 01° 20' 54,070535"	
	COORDENADAS PLANAS LTM (m)			
	N = 1.711.396,757		E = 178.852,865	
Meridiano central: 53° 30' W				
COORDENADAS NO PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL				
X (m) = 158.208,635				
Y (m) = 246.605,958				
ALTITUDE ORTOMÉTRICA (H) – Datum Imbituba - SC				
H (m) = 88,4451		Fonte: Niv. geométrico/ ENG+		
CONEXÃO: UFSM-M003				
Considerações: - Foi utilizado o marco PMSM-M17 situado em frente ao Centro Administrativo como origem do Plano Topográfico Local ($X_0 = 150.000,00$; $Y_0 = 250.000,00$). - As altitudes ortométricas possuem diferentes níveis de precisão, de acordo com a fonte de sua determinação: MAPGEO 2010 ($\pm 7\text{cm}$) e nivelamento geométrico ($\pm 2\text{mm}$)				

Foto



Croqui de Localização



Execução: 	Equipe Técnica: - Tec. em Geom. Guilherme Coelho de Pellegrini - Tec. em Geom. Sidiano Stefanello Batistella - Tec. em Geom. Ricardo Leal Cruz Resp. Técnico: Eng° Agr. e Tec. em Geom. Antônio Langendolff
---	--

Presidente do ECSM: Julio Francisco Beck Rasquin

Prefeito Municipal: Cezar Augusto Schirmer