

Georreferenciamento de imóveis rurais: análise de área entre topografia, RTK e sistema TM

RESUMO

O georreferenciamento de todos os imóveis rurais do Brasil é um dos principais objetivos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), visando à organização e fiel localização destas propriedades no Sistema Geodésico Brasileiro. Executou-se no presente trabalho a metodologia presente na 3ª edição da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais do INCRA e seus manuais agregados, a fim de se realizar a validação de uma pequena propriedade rural situada no município de Capela de Santana – RS, através da ferramenta SIGEF. Devido aos diversos métodos de posicionamento presentes no Manual Técnico de Posicionamento do INCRA, foram escolhidos os dois mais usuais e então executada a comparação das coordenadas obtidas nos métodos RTK Convencional e Topografia Clássica, em que a diferença média nos três eixos (E, N e h) foi de 3,30 cm. Subsequente, analisou-se o comportamento da variação da área do imóvel nos diferentes sistemas SGL, STL, UTM, RTM e LTM, conforme o valor do coeficiente de distorção linear (K). A área no sistema RTM apresentou o valor mais próximo da área no STL ($K=1$), já a maior diferença foi apresentada no sistema UTM.

PALAVRAS-CHAVE: Georreferenciamento. Sistemas de Coordenadas. Posicionamento. Sistema Topográfico Local.

Nícolas Berwanger Michels

nicolasbmichels@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4472-0646>

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Reginaldo Macedonio da Silva

macedoniors@ufrgs.br

<https://orcid.org/0000-0002-8641-0523>

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Sérgio Florêncio de Souza

sergio.florencio@ufrgs.br

<https://orcid.org/0000-0002-4720-6714>

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

INTRODUÇÃO

O território brasileiro corresponde a 851 milhões de hectares (ha), com um total de 5.000.000 de propriedades rurais, que ocupam uma área total de 351 milhões de ha, ou seja, 41 % da área total do País. Porém, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, apenas 15,65% dos brasileiros viviam em zona rural. Grande parte dessas propriedades não está mapeada e regularizada, estando às mesmas sem um sistema efetivo de controle territorial. Para isto, leis e decretos foram estabelecidos nos últimos anos na tentativa de se criar um sistema eficaz capaz de unir ações administrativas, públicas e de planejamento. Devido ao Georreferenciamento de Imóvel Rural ser condição necessária para a realização de desmembramentos, parcelamentos, remembramentos, transferências e/ou atividades jurídicas territoriais, observa-se a importância de seu papel na determinação de áreas como fator preponderante no meio rural, bem como a comparação de resultados em levantamentos utilizando diferentes métodos.

A publicação do Decreto nº 8.764/2016 cria o SINTER (Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais), visando integrar os cadastros de imóveis em uma única plataforma, com o objetivo de melhorar o registro da regularização fundiária, aumentando a segurança jurídica da propriedade rural. (BRASIL, 2016).

Os limites e confrontações de um imóvel rural são caracterizados pelas coordenadas dos vértices que compõem o perímetro, georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro. A metodologia para se alcançar valores aceitáveis para definição dos limites da propriedade foram estabelecidos pela Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais 3ª Edição (NTGIR), complementada pelo Manual Técnico de Limites e Confrontações 1ª Edição (MTLC) e o Manual Técnico de Posicionamento 1ª Edição (MTP) a fim de se obter precisão dentro das normas.

A 2ª edição da NTGIR adotava o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) para o cálculo de áreas e perímetros. Conforme Costa (2010), o UTM é um sistema de projeção plana, a área determinada pelo mesmo apresenta ampliações ou reduções, as quais dependem do meridiano dos vértices da mesma em relação ao meridiano central. O cálculo de áreas em polígonos sobre um elipsoide, cujos lados sejam formados por arcos de paralelo, arcos de meridiano e linhas geodésicas não é trivial, a não ser que os lados sejam formados apenas por arcos de paralelo e de meridiano (GALO; MONICO; OLIVEIRA, 2003).

Devido à não trivialidade de se calcular áreas a partir de coordenadas geodésicas, o sistema de projeção UTM era utilizado para calcular área e perímetro de imóveis georreferenciados (INCRA, 2010). A 3ª edição da norma alterou o procedimento de cálculo de área, que a partir desta é realizado por meio do Sistema Geodésico Local (SGL) ao invés de adotar o plano da projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), e nesse caso o procedimento adotado é a média das coordenadas da parcela, como origem do sistema (INCRA, 2013a).

Apesar das coordenadas planas UTM influenciarem em valores angulares somente em grandes áreas e em zonas de redução e ampliação de um fuso TM, em um imóvel considerado de pequeno porte, é importante analisar se os resultados obtidos no Sistema Geodésico Local, sistema atualmente definido pelo

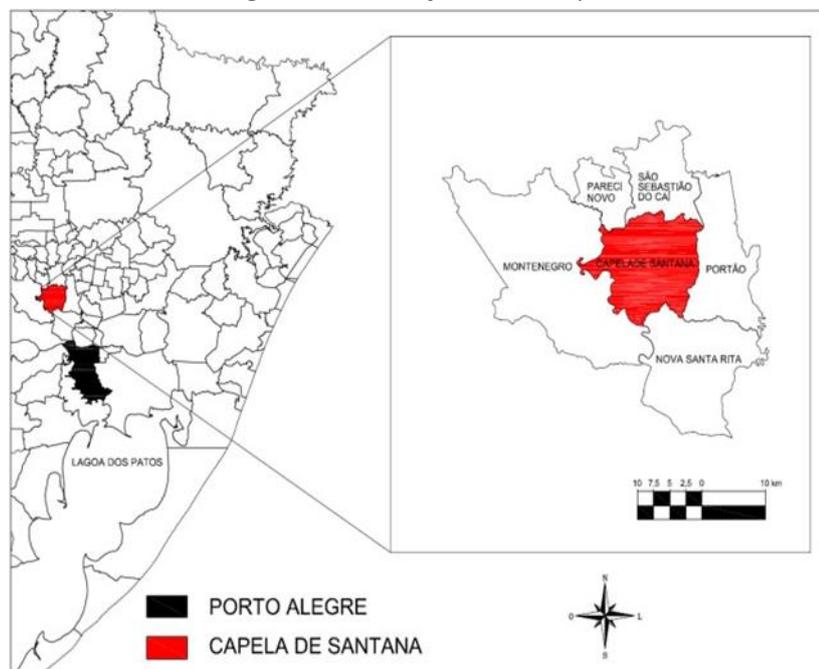
INCRA nos cálculos de área e perímetro de imóveis a fim de se contornar problemas de ampliação ou redução causados pelo efeito de curvatura da Terra, possui diferenças na representação física de uma propriedade, em relação aos sistemas UTM, LTM, RTM e Plano Topográfico Local.

O presente trabalho teve como objetivo geral a realização do Georreferenciamento de Imóvel Rural em uma propriedade no município de Capela de Santana - RS, explorando a 3ª edição da norma técnica a fim de se certificar o perímetro no Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF). Os objetivos específicos foram à demonstração de todos os processos envolvidos e dificuldades de campo na aplicabilidade dos métodos RTK Convencional e Topografia Clássica, comparando-se as coordenadas dos vértices e suas precisões. Diante das diversas aplicabilidades dos sistemas de projeção locais, também se objetivou a realização de uma análise comparativa das áreas obtidas no Sistema Geodésico Local (SGL), Plano Topográfico Local (PTL), UTM, LTM e RTM, evidenciando-se as discrepâncias existentes entre ambos os sistemas.

ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo está localizada no município de Capela de Santana/RS, na localidade do Vale do Rio Caí, distante 55 km de Porto Alegre, conforme Mapa Rodoviário Estadual disponibilizado pelo Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER). (DAER, 2018). O imóvel foi escolhido devido a permissão do proprietário (familiar do autor), de livre acesso para a realização dos levantamentos. Localiza-se na zona UTM 22 Sul, com meridiano central -51° .

Figura 1 – Localização do município



Fonte: Autoria própria (2019).

O imóvel está situado numa região similar a um pequeno vale, com diferenças máximas de altitude em torno de 40 m, Figura 2. Possui um arroio que a corta de leste a oeste. O solo é predominantemente arenoso e argiloso. A maior

parte do local possui vegetação rasteira, tendo vegetação densa concentrada em seu limite oeste. O imóvel faz divisa a leste com a Avenida Coronel Orestes (M-0015, V-0001 e M-0016); ao norte com a Rodovia Estadual ERS-240 (M-0012 E M-0013) e com Afonso Paulo Colling (M-0013, M-0014 E M-0015); ao sul com Gelsumina Baierle Lucas (M-0016 e M-0017); e a oeste com Florestal Participações Ltda (M-0017, M-0018, M-0019 e M-0020). A área encontra-se demarcada por mourões cercados por arame liso e cercas comuns de arame farpado. Não há conflitos com os vizinhos em relação às divisas comuns entre os imóveis. A documentação apresentada está regularizada, faltando apenas a certificação do georreferenciamento de imóvel rural emitido pelo INCRA.

Figura 2 – Curvas de nível do imóvel



Fonte: Autoria própria (2019).

MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas de campo descritas a seguir foram realizadas conforme a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, em sua 3ª edição.

DOCUMENTAÇÃO INICIAL, ANÁLISE DO LOCAL E IMPLANTAÇÃO DOS MARCOS

Inicialmente, coletou-se a matrícula atualizada referente ao imóvel e informações pertinentes aos três lindeiros, assim como os valores de faixa de domínio das duas rodovias que circundam a propriedade. A área de estudo apresenta uma faixa de domínio de 22 m na Avenida Coronel Orestes Lucas (Trecho administrado pelo DAER: 240ERS9030) na divisa leste da propriedade; e outra de 40 m na ERS-240 no km 19 (Trecho administrado pela Empresa Gaúcha de Rodovias – EGR) na divisa norte. Realizou-se uma visita ao local onde se encontra o imóvel, a fim de se verificar as divisas e conferir o nível de dificuldade no trabalho de campo, avaliando-se os dias previstos de serviço, sendo em 1 dia

para o levantamento com GNSS e em 2 a 3 dias utilizando estação total. Em 27 de março de 2019, com o uso de uma marreta, foram implantados os marcos geodésicos de alumínio (Vértices M no padrão INCRA: 60 cm) referentes:

- a) ao ponto estratégico (campo aberto e com grande altitude) servindo como base para o GNSS (linha de base máxima em torno de 700 m);
- b) ponto de ré para utilização no Método Topografia Clássica;
- c) as divisas do imóvel, como locais não confrontantes com a faixa de domínio das rodovias, pois estas, através de paralelismo foram definidas em campo partindo-se do eixo central das vias ERS-240 e Avenida Coronel Orestes Lucas.

LEVANTAMENTO COM GNSS/RTK

Dois dias após a verificação do local e implantação dos marcos (29/03/2019), foi-se até o imóvel a fim de se iniciar o levantamento planialtimétrico com o receptor GNSS Geodésico Leica900, apoiado a uma antena e rádio externo. Porém, não se obteve sucesso na conexão entre rádio externo e a controladora.

Para se aproveitar todo o trabalho logístico envolvido no transporte dos equipamentos, locomoção e outras variáveis, rastreou-se o ponto de ré, através do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), por 1h58min. A seguir, seguem as coordenadas do ponto de ré processadas pelo IBGE-PPP (em 11/04/2019):

- a) UTM N (m) = 6.717.842,635; $\sigma_N = 0,003$ m
- b) UTM E (m) = 469.353,971; $\sigma_E = 0,012$ m
- c) Altitude Geométrica (m) = 85, 97; $\sigma_h = 0,010$ m
- d) Ondulação Geoidal (m) = 4,90.

Em 12 de abril de 2019, através do método RTK Convencional, definido no Manual Técnico de Posicionamento 1ª Edição, foi realizado o levantamento dos vértices da propriedade com o GNSS Geodésico RTK Topcon Hiper. É importante ressaltar que no dia a dia do profissional, caso faltem equipamentos, a execução do georreferenciamento pode demandar muito mais tempo, excedendo o prazo previsto e resultando em prejuízos tanto ao cliente quanto resultando no pagamento de multa, se previsto em contrato.

A Figura 3 apresenta parte dos equipamentos utilizados em campo, logo antes da saída para a instalação do GNSS Geodésico RTK no ponto base do levantamento.

Figura 3 – Equipamentos



Fonte: Autoria própria (2019).

Utilizou-se um bipé com bastão de 2 m em todos os pontos coletados, Figura 4. Após levantamento em campo, foi realizado o PPP do ponto base, que ficou nos turnos da manhã e tarde recebendo os sinais dos satélites. Seguem abaixo as coordenadas do ponto base do levantamento, em órbita rápida:

- a) UTM N (m) = 6.717.861,597; $\sigma_N = 0,001$ m
- b) UTM E (m) = 469.358,123; $\sigma_E = 0,002$ m
- c) Altitude Geométrica (m) = 84,38; $\sigma_h = 0,002$ m
- d) Altitude Ortométrica (m) = 79,48;
- e) Ondulação Geoidal (m) = 4,90.

Figura 4 – Medição de um vértice da propriedade



Fonte: Autoria própria (2019).

Nos pontos de divisa com outras propriedades foram colocados vértices físicos artificiais (Tipo M - Marco), sendo o método utilizado (RTK Convencional) codificado como PG6. Os vértices confrontantes com rodovias também são de

tipo M e implantados com o mesmo método, porém foram locados conforme ferramenta de offset disponível na coletora do GNSS Topcon Hiper.

Em uma leve curva na Avenida Coronel Orestes Lucas, foi decidido implantar um vértice virtual do tipo V (não materializado), como cita o Manual Técnico de Limites e Confrontações 1ª Edição. Dentre as situações onde este tipo de vértice pode ser utilizado, no caso da área de estudo, este estava situado em local onde não era possível a implantação estável de um marco e o limite não era coincidente com um elemento físico. (INCRA, 2013b).

Neste caso, o método de posicionamento utilizado é codificado como PA1, e pode ser utilizado em limites naturais ou artificiais. Conforme o Manual Técnico de Posicionamento, o método da paralela consiste na determinação de coordenadas de vértices a partir de uma linha paralela a outra que teve seus vértices determinados por algum outro método de posicionamento. Foi necessário definir a distância de afastamento entre as linhas, a qual era de 11 m a partir do eixo da rodovia (valor da faixa de domínio).

Foram coletados diversos pontos no eixo da rodovia com o GNSS, e através do comando offset do software AutoCAD 2017, definiu-se o local do vértice exatamente onde confronta com a rodovia, os quais são denominados de vértice V, Figura 5.

Figura 5 – Localização do vértice V próximo ao vértice M-0016



Fonte: Autoria própria (2019).

Todos os pontos coletados em campo foram processados junto às coordenadas da base no software Topcon Link, disponibilizado no laboratório LASERCA da universidade.

Tanto no rastreamento dos marcos no modo RTK, como no processamento da Base, utilizou-se o sistema de referência SIRGAS 2000,4 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, em sua realização no ano 2000, mês de abril), no fuso 22 Sul e meridiano central -51° , vinculando-se as coordenadas ao SGB. Na

Tabela 1 está apresentado as coordenadas dos vértices da propriedade no sistema UTM (E, N, h).

Tabela 1 – Coordenadas dos vértices do imóvel

Código INCRA	E (m)	N (m)	h (m)
SAGI-M-0012	468866,945	6718311,704	50,371
SAGI-M-0013	469429,297	6718210,711	91,383
SAGI-M-0014	469392,552	6718034,015	71,630
SAGI-M-0015	469651,542	6717968,981	83,629
SAGI-V-0001	469512,585	6717522,633	72,617
SAGI-M-0016	469496,959	6717478,939	68,048
SAGI-M-0017	468748,543	6717942,055	47,708
SAGI-M-0018	468728,317	6717980,383	45,500
SAGI-M-0019	468799,534	6718027,622	47,255
SAGI-M-0020	468784,518	6718119,200	48,285

Fonte: Aatoria própria (2019).

Dentro do código do INCRA, a nomenclatura “SAGI” representa a identificação do profissional credenciado. Os vértices do tipo M, Figura 6, partem do número 0012, pois devem sempre seguir a ordem de numeração dos últimos marcos implantado pelo profissional em georreferenciamentos antecessores. O vértice do tipo V possui o número 0001 pois foi o primeiro realizado pelo código deste credenciado.

Figura 6 – Vista superior de um marco conforme modelo do INCRA



Fonte: Aatoria própria (2019).

LEVANTAMENTO POR TOPOGRAFIA CLÁSSICA

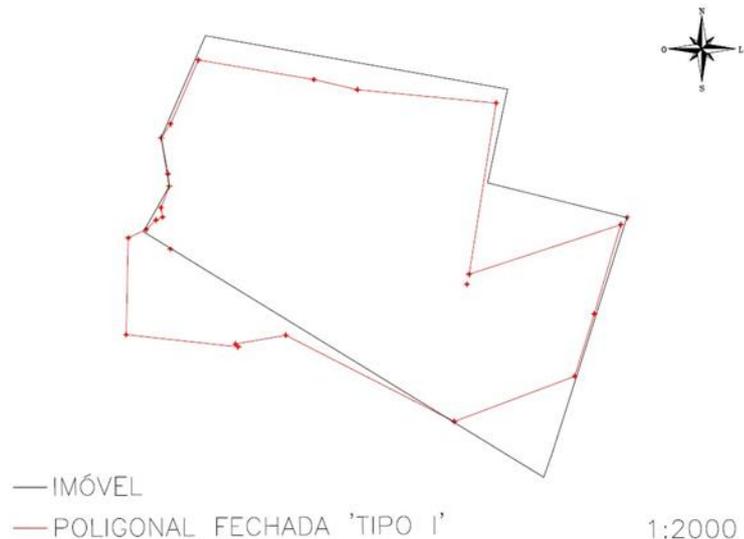
O trabalho de campo descrito a seguir teve duração de dois dias de trabalho, sendo o primeiro iniciado às 8h e 30min e pausado às 19h e 30min, com 1h de intervalo, e o segundo finalizado no turno da manhã (2h e 10min de duração). A estação total utilizada foi a Leica TS02, com precisão nominal angular de 7" e linear de 1,5mm + 2ppm com prisma padrão.

No levantamento realizado através de Topografia Clássica, foi definido o método presente na norma técnica chamado Poligonação, através de uma poligonal apoiada com um ponto de partida (coordenadas conhecidas) e outro de

chegada (coordenadas conhecidas), a fim de se verificar o erro de fechamento angular e linear.

O posicionamento foi iniciado a partir de pontos base e ré com coordenadas conhecidas, para partida e chegada da poligonal. Assim como todas as visadas da estação total, os vértices da poligonal foram medidos em pares conjugados (PD e PI) a fim de se obter uma melhor qualidade na medição angular do levantamento. A Figura 7 tem-se a poligonal fechada realizada no levantamento.

Figura 7 – Poligonal fechada



Fonte: Autoria própria (2019).

Os dados deste levantamento foram processados no software Sistema Posição no dia 30 de abril de 2019. As coordenadas ajustadas estão na Tabela 2:

Tabela 2 – Coordenadas dos vértices obtidas através de topografia clássica

Código INCRA	E (m)	N (m)	H (m)
SAGI-M-0012	468866,756	6718311,866	45,480
SAGI-M-0013	469429,363	6718210,856	86,463
SAGI-M-0014	469392,582	6718034,095	66,707
SAGI-M-0015	469651,752	6717968,903	78,702
SAGI-M-0016	469496,991	6717478,756	63,134
SAGI-M-0017	468749,101	6717942,631	39,366
SAGI-M-0019	468799,353	6718027,653	42,341
SAGI-M-0020	468784,309	6718119,268	43,351

Fonte: Autoria própria (2019).

Vale destacar que a Tabela 2, em relação à Tabela 1, faltam os vértices SAGI-V-0001 e SAGI-M-0018.

Para efeito comparativo das coordenadas dos marcos coletados entre os dois métodos de posicionamento em estudo, o ponto SAGI-V-0001 foi projetado no software AutoCAD, e não coletado em campo, impedindo uma comparação fiel entre os mesmos. Já o vértice SAGI-M-0018 possuía local com muita vegetação, no qual seria necessário desmatar muitas árvores para visualização do vértice, para uso com estação total, o que inviabilizou a medição desse ponto. O

problema não ocorreu com o uso de GNSS RTK, pois não há necessidade de visibilidade entre os pontos da poligonal.

As informações de fechamento da poligonal apresentadas foram:

- a) Nº de vértices: 22
- b) Erro Angular = 0°5'55"
- c) Precisão Linear = 1:3363
- d) Erro Altimétrico = 0,0258 m
- e) Erro Linear = 0,8817 m
- f) Erro em N = 0,8152 m
- g) Erro em E = 0,3361 m
- h) Método de Ajustamento da Poligonal: Método dos Mínimos Quadrados

Conforme NBR 13133/94, o cálculo das tolerâncias, ou seja, o erro máximo tolerável, é representado por um valor T. Partindo de expressões decorrentes das propagações dos erros médios nas medições angulares (1) e lineares (2) em poligonais Tipo 1, são estabelecidas as seguintes expressões para as tolerâncias de fechamento das poligonais: (ABNT, 1994).

$$T_{\alpha} \leq b\sqrt{N} \quad (1)$$

$$T_p \leq d\sqrt{L(\text{km})} \quad (2)$$

onde:

T_{α} = tolerância para o erro de fechamento angular;

T_p = tolerância para o erro de fechamento linear (em posição);

b = coeficiente que expressa a tolerância para o erro de medição do ângulo poligonal, igual a três vezes o erro médio angular temível;

d = coeficiente que expressa a tolerância para o erro de fechamento linear em m/km de desenvolvimento poligonal;

N = número de estações da poligonal; L = extensão da poligonal.

De acordo com Veiga, Zanetti e Faggion (2012), o erro linear planimétrico é dado por:

$$ep = \sqrt{ex^2 + ey^2} \quad (3)$$

É necessário verificar se este erro está abaixo de uma determinada tolerância linear em formato de escala:

$$ep = 1/Z \quad (4)$$

$$Z = \frac{\sum d}{\sqrt{ex^2 + ey^2}} \quad (5)$$

onde:

Σd = perímetro da poligonal

Tabela 3 – Erro Linear Relativo

Qualidade da Poligonal	Erro linear relativo máximo admissível (ϵ_l) _{ad}
Precisão baixa	1/500 a 1/1000
Precisão regular	1/1000 a 1/5000
Precisão média	1/5000 a 1/10000
Precisão boa	1/10000 a 1/100000
Precisão alta	Melhor que 1/100000

Fonte: ABNT (1994).

CERTIFICAÇÃO DO IMÓVEL NO SIGEF

Para cadastramento dos vértices delimitadores do imóvel rural no padrão INCRA, primeiramente foi preciso preencher os seguintes dados em uma planilha padrão disponibilizados pelo SIGEF, Figura 8.

Figura 8 – Planilha padrão SIGEF

Identificação do Serviço de Georreferenciamento	
Natureza do serviço:	Particular

Identificação do Detentor	
Tipo pessoa:	Física
Nome:	Nome
CPF:	X

Identificação da Área	
Denominação:	Nome Fictício da propriedade
Situação:	Imóvel Registrado
Natureza da área:	Particular
Código do imóvel(SNCR/INCRA):	X
Código do cartório (CNS):	X
Matrícula:	11931
Município(s):	Capela de Santana-RS

Fonte: Autoria própria (2019).

Em uma segunda aba da planilha, Figura 9, é necessário informar o sistema de projeção, meridiano central e hemisfério do local. Também deve-se preencher o nome de cada vértice com suas respectivas coordenadas E, N e h; sigma de cada posição; método de posicionamento; tipo de limite; nome, código CNS (Cadastro Nacional de Serventia) e número de matrícula do registro de imóveis dos confrontantes.

Figura 9 – Segunda aba da Planilha padrão SIGEF

Tabela de Perímetro											
Denominação:		Parte 1									
Parcela número:		001									
Lado:		Externo									
Sistema de referência											
Tipo de Coordenada:		UTM	Mercidiano Central (°)	-51	Hemisfério	Sul					
Vértice	E/Long	Sigma long	N/Est	Sigma lat	b	Sigma h	Método Posicionamento	Tipo Limite	CNS	Matrícula	Confrontante
SAGI-M-0012	468968.95	0.02	6718311.70	0.02	50.37	0.03	PG6	LA3			ERS-240
SAGI-M-0013	469429.30	0.01	6718210.71	0.01	91.38	0.00	PG6	LA1	09.868-1	11930	AFONSO PAULO COLLING
SAGI-M-0014	469392.55	0.01	6718034.02	0.01	71.63	0.00	PG6	LA1	09.868-1	11930	AFONSO PAULO COLLING
SAGI-M-0015	469651.54	0.01	6717968.98	0.01	83.63	0.01	PG6	LA3			AVENIDA CORONEL ORESTES LUCAS
SAGI-V-0001	469512.59	0.00	6717522.63	0.01	72.52	0.01	PA1	LA3			AVENIDA CORONEL ORESTES LUCAS
SAGI-M-0016	469496.96	0.00	6717478.94	0.01	68.05	0.00	PG6	LA1	09.868-1		GELSUMINA BAERLE LUCAS
SAGI-M-0017	468748.54	0.03	6717942.95	0.03	47.71	0.04	PG6	LA6	09.868-1		GELSUMINA BAERLE LUCAS
SAGI-M-0018	468728.32	0.01	6717980.38	0.01	45.50	0.02	PG6	LA6	09.868-1	14992	FLORESTAL PARTICIPAÇÕES LTDA
SAGI-M-0019	468799.53	0.01	6718027.62	0.01	47.26	0.01	PG6	LA1	09.868-1	14992	FLORESTAL PARTICIPAÇÕES LTDA
SAGI-M-0020	468784.52	0.02	6718119.20	0.01	48.29	0.01	PG6	LA1	09.868-1	14992	FLORESTAL PARTICIPAÇÕES LTDA

Fonte: Autoria própria (2019).

Conforme o Manual Técnico de Limites e Confrontações, quanto ao tipo de limite, foram presenciados em campo: cerca (LA1), estrada (LA3) e linha ideal (LA6). Com a planilha devidamente preenchida, a mesma foi validada através de uma extensão também disponibilizada pelo SIGEF.

Dentro do sistema do SIGEF, foi realizado o requerimento de certificação, em que é processado de forma totalmente automática. É necessário apenas informar o número do termo de responsabilidade técnica e enviar a planilha ODS em forma de anexo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

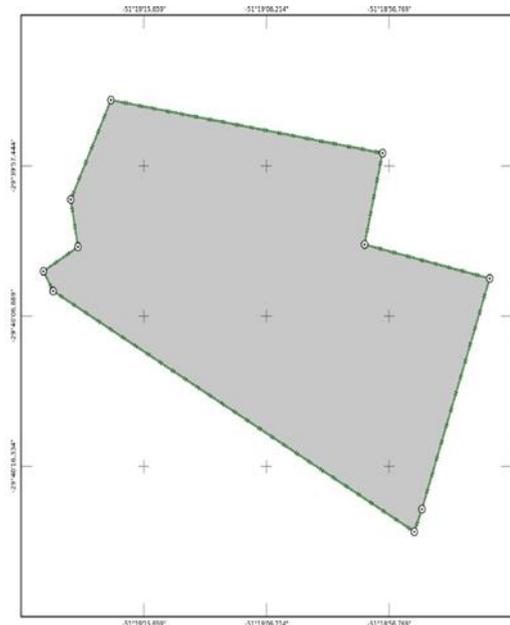
Os produtos gerados no sistema SIGEF constam nas Figuras a seguir, onde temos o memorial descritivo, Figura 10, bem como a planta do imóvel, Figura 11.

Figura 10 – Memorial gerado pelo SIGEF

MEMORIAL DESCRITIVO											
Denominação: Sítio dos Berwanger						Natureza da Área: Particular					
Proprietário: Waldir Berwanger						CPF: [REDACTED]					
Matrícula do imóvel: 11931						Código INCRA/SNCR: 8522360014733					
Município/UF: Capela de Santana-RS						Cartório (CNS): (09.868-1) Portão - RS					
Responsável Técnico: EDUARDO PAWLACK						CREA: 1/AC					
Formação: Técnico de Grau Médio em Agrimensura						A.R.T.: 5668753-7 - SC					
Código de credenciamento: XXX						Coordenadas: Latitude, longitude e altitude geodésicas					
Sistema Geodésico de referência: SIRGAS 2000						Perímetro (m): 2.844,97 m					
Área (Sistema Geodésico Local): 42,0633 ha						Azimutes: Azimutes geodésicos					
DESCRIÇÃO DA PARCELA											
VÉRTICE				SEGMENTO VANTE							
Código	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Código	Azimute	Dist. (m)	Confrontações				
SAGI-M-0012	-51°19'18.195"	-29°39'53.333"	50.37	SAGI-M-0013	100°20'	571.57	ERS-240				
SAGI-M-0013	-51°18'57.285"	-29°39'56.064"	91.38	SAGI-M-0014	191°54'	180.54	CNS [REDACTED] Mat. 11930 AFONSO PAULO COLLING				
SAGI-M-0014	-51°18'58.670"	-29°40'02.401"	71.63	SAGI-M-0015	104°15'	267.14	CNS [REDACTED] Mat. 11930 AFONSO PAULO COLLING				
SAGI-M-0015	-51°18'49.042"	-29°40'04.637"	83.63	SAGI-V-0001	197°26'	467.67	AVENIDA CORONEL ORESTES LUCAS				
SAGI-V-0001	-51°18'54.256"	-29°40'19.027"	72.62	SAGI-M-0016	199°50'	46.42	AVENIDA CORONEL ORESTES LUCAS				
SAGI-M-0016	-51°18'54.842"	-29°40'20.445"	68.05	SAGI-M-0017	301°54'	880.47	CNS [REDACTED] Mat. 14992 GELSUMINA BAERLE LUCAS				
SAGI-M-0017	-51°19'22.638"	-29°40'05.331"	47.71	SAGI-M-0018	332°20'	43.34	CNS [REDACTED] Mat. 14992 GELSUMINA BAERLE LUCAS				
SAGI-M-0018	-51°19'23.386"	-29°40'04.085"	45.5	SAGI-M-0019	56°36'	85.49	CNS [REDACTED] Mat. 14992 FLORESTAL PARTICIPAÇÕES LTDA				
SAGI-M-0019	-51°19'20.732"	-29°40'02.556"	47.26	SAGI-M-0020	350°51'	92.84	CNS [REDACTED] Mat. 14992 FLORESTAL PARTICIPAÇÕES LTDA				
SAGI-M-0020	-51°19'21.281"	-29°39'59.579"	48.29	SAGI-M-0012	23°20'	209.49	CNS [REDACTED] Mat. 14992 FLORESTAL PARTICIPAÇÕES LTDA				

Fonte: SIGEF (2019).

Figura 11 – Planta do imóvel gerada pelo SIGEF



Fonte: SIGEF (2019).

ÁREA E PERÍMETRO CALCULADOS

Na NTGIR 3ª Edição (INCRA, 2013), o cálculo da área é realizado por intermédio de coordenadas locais, dispostas sobre um Sistema Geodésico Local (SGL). Este sistema explicita melhor a realidade física. Assim, eliminam-se distorções, as quais se tornam maiores na medida em que as parcelas aumentam sua superfície (INCRA, 2013a). Para um melhor entendimento do referido processo, a norma apresenta a explanação de como realizar a conversão para coordenadas locais. Estas são calculadas através da conversão das coordenadas cartesianas, junto a uma matriz de rotação ortogonal.

Referenciados ao SGL, a área calculada pelo sistema foi de 42,0633 ha, enquanto o perímetro 2.844,97 m. A área foi calculada pela fórmula de Gauss. (VEIGA, ZANETTI e FAGGION, 2012).

$$S = 0,5x (\sum_{i=1}^n N_i \times E_{i+1} - \sum_{i=1}^n E_i \times N_{i+1}) \quad (6)$$

Já o perímetro foi calculado pela soma de todas as distâncias de um ponto a outro, através da fórmula presente no Manual Técnico de Posicionamento. (INCRA, 2013a, p. 31).

$$(D_{AB}) = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} \quad (7)$$

Através das coordenadas planas UTM obtidas pelo GNSS RTK, estas foram transformadas para LTM, RTM e STL através de planilhas de cálculo no software Microsoft Excel. Utilizando-se o mesmo método de cálculo do INCRA, foram calculadas as áreas e perímetros nos outros sistemas de projeção propostos, que são observados a seguir, Tabela 4:

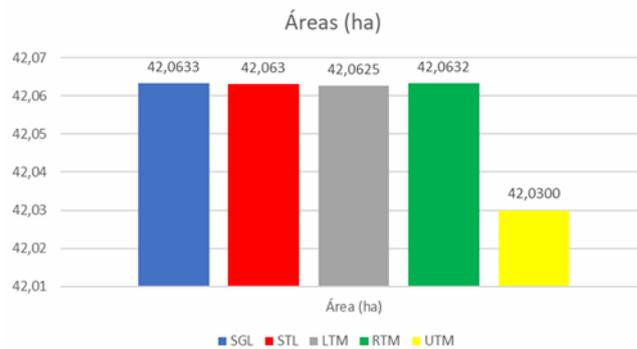
Tabela 4 – Valores de área e perímetro para os respectivos sistemas de projeção

Sistema	Área (ha)	Perímetro (m)
SGL	42,0633	2.844,970
STL	42,0630	2.845,010
LTM	42,0625	2.844,961
RTM	42,0632	2.844,983
UTM	42,0300	2.843,859

Fonte: Autoria própria (2019).

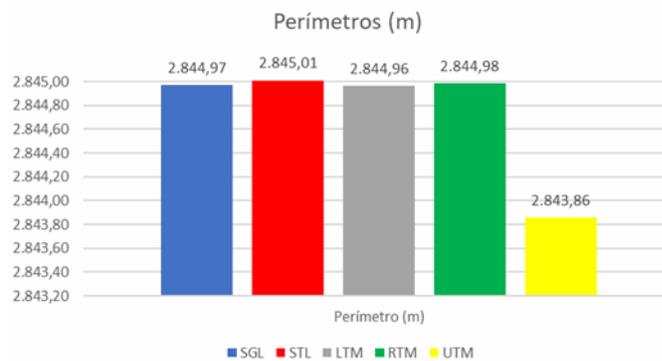
É possível visualizar melhor os valores de área e perímetro nos Gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 – Avaliação gráfica das áreas nos diferentes sistemas



Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 2 – Avaliação gráfica dos perímetros nos diferentes sistemas



Fonte: Autoria própria (2019).

Tomando-se os valores no SGL como referência, foram calculadas as discrepâncias de área e perímetro, Tabela 5.

Tabela 5 – Discrepâncias de área e perímetro tendo-se o SGL como valor de referência

Sistema	ΔA (m ²)	ΔA (%)	ΔP (m)	ΔP (%)
STL	-3	+0,0007	-0,0398	-0,0014
LTM	8	+0,0018	+0,0092	+0,0030
RTM	1	+0,0002	-0,0132	-0,0005
UTM	-333	+0,0792	+1,1106	+0,0390

Fonte: Autoria própria (2019).

Na Tabela 5 pode-se observar a importância da adoção de um Sistema Geodésico Local para um fiel resultado de área e perímetro de um imóvel rural. No sistema UTM (utilizado na 2ª edição da norma técnica) tem-se uma área com 333 m² a menos, o que no cotidiano representa um imóvel urbano médio.

Para se verificar as variações dos valores de área nos sistemas TM, os quais são influenciados pelos coeficientes de deformação linear (K), temos as variações nos resultados das áreas. Dessa forma, calculou-se a coordenada média entre os vértices da propriedade nos sistemas UTM, LTM e RTM, tomando-se o resultado como a posição do imóvel dentro do respectivo sistema. Em relação ao STL (K=1), temos uma área na superfície de secância do elipsoide, sem redução nem ampliação.

Tendo-se a posição do imóvel, e através da fórmula do coeficiente de distorção linear (K) disponível em LTG (2004), junto ao software Microsoft Excel, este foi calculado para cada sistema TM.

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1 - [\cos\phi_m \operatorname{sen}(\lambda_m - \lambda_0)]^2}} \quad (8)$$

Onde:

- a) K₀ = fator de escala no meridiano central;
- b) UTM (K) = 0,99961168976;
- c) RTM (K) = 1,00000669438;
- d) LTM (K) = 0,99999877153;

É possível notar que nos sistemas UTM e LTM temos a área em zona de redução (K<1), já em RTM, temos uma zona de ampliação (K>1). Isso comprova as discrepâncias entre as áreas do sistema TM com o STL.

A diferença nos resultados de área e perímetro entre STL e SGL ocorre devido à metodologia de cálculo em cada sistema. No SGL, o cálculo de área é realizado com as coordenadas cartesianas locais. Assim, as coordenadas de cada vértice devem ser convertidas para o SGL, com a média destas representando a origem do sistema, acarretando em resultados que expressam melhor a realidade física, comparado aos sistemas TM.

Já o STL é criado através de uma altitude ortométrica média da região em que a parcela se encontra. Sendo este ponto de origem como o local onde o plano topográfico tangencia a esfera de raio médio da superfície topográfica da região, e nesse caso, tendo a curvatura da Terra desconsiderada em todo o sistema.

COMPARAÇÃO ENTRE RTK CONVENCIONAL E TOPOGRAFIA CLÁSSICA

A precisão posicional das coordenadas dos vértices coletados através do GNSS RTK foi calculada conforme a norma técnica em estudo, através da fórmula a seguir, obtendo-se como resultado da precisão posicional, Tabela 6.

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_\phi^2 + \sigma_\lambda^2} \quad (9)$$

Tabela 6 – Precisão posicional dos vértices RTK

Vértice	σ_p (cm)
SAGI-M-0012	2,1
SAGI-M-0013	0,5
SAGI-M-0014	0,6
SAGI-M-0015	0,5
SAGI-V-0001	0,4
SAGI-M-0016	0,4
SAGI-M-0017	3,1
SAGI-M-0018	1,3
SAGI-M-0019	1,0
SAGI-M-0020	2,3

Fonte: Autoria própria (2019).

O erro posicional médio foi de 1,2 cm, enquanto, a dispersão dos dados foi calculada através do desvio padrão, que ficou em 0,9 cm. Tratando-se da NTGIR 3ª Edição, a tolerância máxima de precisão posicional é de 50 cm (3 desvios padrões de aproximadamente 17 cm) para vértices artificiais materializados, lembrando que esse resultando, pode ser atingido se o local de rastreo tiver muitas obstruções, mesmo o resultado da tabela 6 ter apresentado valores menores do que a tolerância. Em relação ao levantamento com estação total, alguns erros de fechamento ficaram fora das tolerâncias técnicas, como mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Fechamento da poligonal no software Sistema Posição

FECHAMENTO DA POLIGONAL			
Tipo da Poligonal:	Enquadrada	Cálculo:	Topográfico
Distrib. Perímetro:	2965.9358	Vértices:	22
		Área:	Aberta
		Azimute Erro:	22°24'21"
<input type="checkbox"/> Erro Angular:	0°05'55"	Fora da Tolerância:	0°00'48.0"
<input type="checkbox"/> Precisão Linear:	1:3363	Fora da Tolerância:	1:10000
<input checked="" type="checkbox"/> Erro Altimétrico:	0.0258	Tolerância:	0.0344
M.D.E. Angular:	Inv. proporcional às distâncias		
Ajustamento:	Método das Projeções		
		Erro Linear:	0.8817
		Erro em N:	0.8152
		Erro em E:	0.3361

Fonte: Autoria própria (2019).

Nota-se que o erro angular e a precisão linear no fechamento da poligonal ficaram fora da tolerância da NBR 13133/94. Conforme a Tabela 3 obteve-se uma precisão linear regular. Quanto aos erros sistemáticos, através de ferramenta de colimação própria da estação total, foi aferido se a mesma possuía muitas distorções. O teste foi realizado na Unisinos, no campus São Leopoldo, tomando-se 3 pontos de visada. Os resultados da colimação horizontal foram os seguintes, Figura 13:

Figura 13 – Resultados da colimação na tela da estação total Leica TS02

Colimação-Hz	
Def Nr. :	1
Col-Hz c(velho):	+ 0°00'00"
sigma(vel) :	+ 0°00'03"
Col-Hz c(novo) :	+ 0°00'00"
sigma(nov) :	---*---'---"

Colimação-Hz	
Def Nr. :	2
Col-Hz c(velho):	+ 0°00'00"
sigma(vel) :	+ 0°00'03"
Col-Hz c(novo) :	+ 0°00'02"
sigma(nov) :	+ 0°00'02"

Colimação-Hz	
Def Nr. :	3
Col-Hz c(velho):	+ 0°00'00"
sigma(vel) :	+ 0°00'03"
Col-Hz c(novo) :	+ 0°00'02"
sigma(nov) :	+ 0°00'01"

Fonte: Autoria própria (2019).

Pode-se analisar que o desvio na colimação do eixo horizontal ficou entre 1 e 2 segundos. Erros grosseiros de visada e regulagem do nivelamento da bolha do bastão do prisma foram os de maior influência nos erros de fechamento da poligonal, porque não foi utilizado um tripé ou bipé no bastão do prisma. É muito importante ressaltar que alguns vértices da poligonal no final do primeiro dia, foram medidos já no período da noite (depois das 18h), o que também acarretou neste tipo de erro, assim como no fechamento da poligonal, devido à dificuldade de visualização para se mirar corretamente o prisma. A partir dos horários nos quais os marcos foram medidos, Tabela 7, podemos ter uma base dos períodos nos quais ocorreram as medições com a estação total.

Tabela 7 – Períodos de medição com estação total

Vértice	Data	Horário	Nº Estacionadas
SAGI-M-0012	18/04	11:50:33	4
SAGI-M-0013	18/04	10:19:10	2
SAGI-M-0014	18/04	10:11:33	2
SAGI-M-0015	20/04	10:18:06	3
SAGI-M-0016	20/04	09:42:21	8
SAGI-M-0017	18/04	17:01:24	6
SAGI-M-0019	18/04	14:56:42	3
SAGI-M-0020	18/04	14:23:55	2

Fonte: Autoria própria (2019).

Após a coleta do marco SAGI-M-0017 (Horário: 17:01:24), o qual estava dentro de mata fechada (e já em ambiente de difícil visualização devido a penumbra), ainda foram realizados mais caminhamentos da poligonal até às 19h e 30min, para que o último vértice da mesma neste dia estivesse em ambiente de melhor acesso (campo aberto) para o dia seguinte.

Comparando os marcos em comum nos dois levantamentos realizados, tendo as coordenadas UTM dos vértices coletados por GNSS RTK como referência de cálculo, obteve-se as diferenças entre as componentes das coordenadas (E, N, h) e a diferença posicional, Tabela 8.

Tabela 8 – Diferenças entre GNSS/RTK e estação total

Vértice	ΔE (m)	ΔN (m)	Δh (m)	ΔP (m)
SAGI-M-0012	0,189	-0,162	0,090	0,249
SAGI-M-0013	-0,066	-0,145	0,020	0,159
SAGI-M-0014	-0,030	-0,080	0,023	0,085
SAGI-M-0015	-0,210	0,078	0,027	0,224
SAGI-M-0016	-0,032	0,183	0,014	0,186
SAGI-M-0017	-0,558	-0,576	3,442	0,802
SAGI-M-0019	0,181	-0,031	0,014	0,183
SAGI-M-0020	0,209	-0,068	0,034	0,220

Fonte: Autoria própria (2019).

Nota-se que as coordenadas do vértice SAGI-M-0017 apresentam diferenças muito altas em ΔE e Δh , acarretando conseqüentemente em ΔP . Os demais pontos, possuem diferenças posicionais que podem ser consideradas pequenas em relação a este último. As médias e desvios padrão em ΔE , ΔN , Δh e ΔP estão na Tabela 9.

Tabela 9 – Média e desvio padrão dos vértices

	ΔE (m)	ΔN (m)	Δh (m)	ΔP (m)
Média	0,040	-0,100	0,458	0,264
D. Padrão	0,257	0,224	1,206	0,223

Fonte: Autoria própria (2019).

Analisando tais valores, observa-se que as diferenças existentes entre os dois métodos são pequenas, porém consideráveis, uma vez que os erros médios em N e h, calculados a partir da média das diferenças ΔE , ΔN e Δh encontradas para os oito vértices, são 10,0 cm para N e 45,8 cm nas altitudes elipsoidais.

É nítido que tanto os resultados da média quanto do desvio padrão tenderam a valores altos por consequência dos erros na medição do vértice SAGI-M-0017. Desconsiderando este ponto, temos respectivamente as médias de 3,5 cm, 3,2 cm e 3,2 cm em ΔE , ΔN e Δh , respectivamente.

O valor de ΔP diminuiu de 26,4 cm para 18,7 cm. As variáveis que mais podem estar envolvidas tanto na medição do vértice SAGI-M-0017, quanto no fechamento da poligonal, acarretando em erros muito altos, são de caráter de campo: erro dos operadores dos equipamentos, período da medição e obstruções na visada. Podemos analisar as diversas obstruções de vegetação densa presenciadas em campo na Figura 14.

Figura 14 – Obstruções de vegetação densa



Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÕES

Confirmou-se a confiabilidade da precisão posicional dos vértices coletados através do método RTK Convencional, cujo método foi utilizado para validação do imóvel no SIGEF, com um valor máximo de 3,1 cm, muito abaixo da tolerância de 50 cm dada pelo INCRA.

Enquanto o resultado com a Estação Total, observa-se somente o vértice SAGI-M-0017, que ficou com valor acima da tolerância da norma do INCRA, com 80,2 cm, já os outros vértices ficaram com valores abaixo de 25 cm (dentro da tolerância dos 50 cm). Isso demonstra que os problemas encontrados no campo influenciaram no resultado da medição com Estação Total, principalmente em áreas onde não se pode derrubar árvores para ter uma visibilidade do vértice, limpa de obstruções.

Conclui-se que na comparação entre os métodos de posicionamento, vistas todas as etapas metodológicas, é notável que a utilização do método RTK Convencional seja muito mais ágil, mas pode apresentar dificuldades em locais com muita vegetação, onde pode-se perder o sinal para a correção diferencial, porém, no caso desse trabalho isso não ocorreu. Em relação a Topografia Clássica teve-se dificuldade com a visibilidade dos vértices em locais com muita vegetação, e nesse caso acarretou maior tempo no trabalho de campo.

Quanto aos valores de área e perímetro nos diferentes sistemas de projeção, a variação das áreas esteve de acordo com a aproximação ou afastamento do coeficiente de deformação linear (K). Mesmo que estas diferenças sejam pequenas, é importante ressaltar que a realização do cálculo da área em uma superfície simulada (sistemas TM), pode alterar o tamanho de uma propriedade. Considerando-se um imóvel rural de grande porte, estas distorções podem ser ainda maiores. Isto comprova a adoção do SGL padronizado pelo INCRA como sistema definido para este tipo de serviço.

Os resultados também mostraram que no sistema RTM obteve-se resultado mais acurado quando comparado aos sistemas LTM e UTM. Isto se justifica pelo

fato de o imóvel estar localizado em um local mais favorável do fuso neste sistema, ou seja, mais próximo da zona de secância.

Em casos de remembramentos ou desmembramentos de imóveis rurais, são incluídos pontos adicionais que mudam as coordenadas do ponto base do SGL. Consequentemente, os valores de área e perímetro, mesmo em baixíssima escala, são alterados. Para resolver este problema o SIGEF poderia informar ao profissional as coordenadas pertinentes ao ponto tomado como base e o valor de K0 adotado; e exclusivamente em remembramentos, utilizar o SGL da área de maior extensão.

Rural property georeference: area analysis between topography, RTK and projection systems

ABSTRACT

The georeferencing of all rural properties in Brazil is one of the main objectives of the National Institute of Colonization and Agrarian Reform (INCRA), aiming at the organization and faithful location of these properties in the Brazilian Geodetic System. In this work, the methodology presented in the 3rd edition of INCRA's Technical Standard for Georeferencing of Rural Properties and its aggregated manuals was carried out, to carry out the validation of a small rural property located in the municipality of Capela de Santana - RS, through the SIGEF tool. Due to the various positioning methods present in the INCRA Technical Positioning Manual, the two most usual were chosen and then the comparison of the coordinates obtained in the Conventional RTK and Classic Topography methods was performed, in which the average difference in the three axes (E, N, and h) was 3.30 cm. Subsequently, the behavior of the variation of the property area in the different SGL, STL, UTM, RTM, and LTM systems was analyzed, according to the value of the linear distortion coefficient (K). The area in the RTM system showed the closest value to the area in the STL ($K = 1$), while the biggest difference was shown in the UTM projection.

KEYWORDS: Georeferencing. Projection Systems. Positioning. Local Topographical System.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BRASIL. Decreto nº 8.764, de 10 de maio de 2016. **Institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais e regulamenta o disposto no art. 41 da Lei nº 11.977**, de 7 de julho de 2009. Brasília, DF, maio 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2_015-2018/2016/Decreto/D8764.htm. Acesso em: 23 out. 2018.

COSTA, M. F. **O Sistema de Projeção UTM**: Universal Transverso de Mercator. 22 p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 2010.

DAER. **Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem**. Mapa Rodoviário. Disponível em: <https://www.daer.rs.gov.br/mapas>. Acesso em: 24 out. 2018.

GALO, M.; MONICO, J. F. G.; OLIVEIRA, L. C. de. Cálculo de áreas de polígonos sobre o elipsóide usando projeções equivalentes. In: MITISHITA, E. A. (Editor chefe). **Série em Ciências Geodésicas**. Volume 3. Novos Desenvolvimentos em Ciências Geodésicas. Imprensa Universitária da UFPR, Curitiba - PR, p. 465-479, 2003. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.3233.0240>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010: população do Brasil é de 1.190.732.694 pessoas**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13937-asi-censo-2010-populacao-do-brasil-e-de-190732694-pessoas>. Acesso em: 24 out. 2018.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais**. Brasília. 3ª Edição. 2013a.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico de Limites e Confrontações: georreferenciamento de imóveis rurais**. Brasília. 3ª Edição. 2013b.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Brasília. 2ª Edição. 2010.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Brasília. 3ª Edição. 2013.

LTG. **Sistema UTM.** Disponível em:
[http://www.leg.ufpr.br/lib/exe/fetch.php/disciplinas:
verao2007:pdf:sistema_utm.pdf](http://www.leg.ufpr.br/lib/exe/fetch.php/disciplinas:verao2007:pdf:sistema_utm.pdf). Acesso em: 02 maio 2019. 40 p., 2004.

SIGEF. Disponível em: <https://sigef.incra.gov.br/> . Acesso em: 16 maio 2019.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia.** Universidade Federal do Paraná. 288p. 2012.

Recebido: 10 jul. 2020

Aprovado: 19 nov. 2020

DOI: 10.3895/rbgeo.v9n1.12734

Como citar: Michels, N. B.; da Silva, R. M. de Souza, S. F. Georreferenciamento de Imóveis Rurais: Análise de Área entre Topografia, RTK e Sistema TM. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 062-084, jan./mar. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Nícolas Berwanger Michels

Rua Chicago, 232, CEP 93042-140, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

