

# **Avaliação de áreas e dimensões em diferentes fatores de escala: Estudo de caso no Fuso UTM 22 Sul**

Autores: Rafael Caetano de Lima e Silva; Marciano Carneiro

## **1. INTRODUÇÃO**

O georreferenciamento e a certificação de imóveis rurais acima de 100 ha no Brasil, nos dias atuais (2018), se tornaram obrigatórios em caso de alterações no registro imobiliário, a exemplo de compra e venda, desmembramento, remembramento, sucessão, partilha ou mudança de titularidade (INCRA, 2016).

Essa determinação é proveniente da Lei nº 10.267/2001, que alterou, entre outros assuntos, a Lei de Registro Público (Lei 6.015/73) introduzindo a exigência do georreferenciamento dos imóveis rurais. Além disso, a legislação exige que o polígono resultante do georreferenciamento não se sobreponha a nenhum outro já certificado pelo INCRA, tal como descrito no Art. 176 da Lei nº 6.015/73.

Desde a primeira edição da Norma Técnica do Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR) (INCRA, 2003), até a 2ª edição revisada (INCRA, 2010b), que estava em vigor até o final de 2013, o cálculo da área (da poligonal) de uma propriedade rural, com o intuito de certificação junto ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), era gerado sobre o plano da projeção Universal Transversa de Mercator (UTM). Este método altera o valor da área do polígono, principalmente nas zonas de redução e ampliação de um Fuso UTM, devido às deformações do plano UTM. Nos dias atuais, com a 3ª NTGIR (INCRA, 2013a) o cálculo de área é realizado por intermédio das coordenadas locais, situada sobre um Sistema Geodésico Local (SGL), as quais são obtidas pelas coordenadas geodésicas (latitude, longitude e altitude elipsoidal) ou cartesianas (X, Y, Z), com o uso de uma matriz de rotação ortogonal para a realização da conversão.

A Portaria nº 486, de 2 de setembro de 2013 (BRASIL, 2013), homologou a 3ª Edição da NTGIR (INCRA, 2013a), o Manual Técnico de Posicionamento (INCRA, 2013b) e o Manual Técnico de Limite e Confrontações (INCRA, 2013c). Com a referida norma técnica e seus anexos, houve uma significativa mudança no âmbito do georreferenciamento no Brasil, pois o processo de certificação dos imóveis rurais passou a ser totalmente informatizado, utilizando, como meio de certificação o Sistema de Gestão Fundiária - SIGEF (SIGEF, 2014).

A 3ª edição da NTGIR (INCRA, 2013a) é composta por alguns documentos complementares, que são descritos a seguir. O “Manual para Gestão da Certificação de

Imóveis Rurais”, que contém todos os procedimentos metodológicos que subsidiam a norma técnica, com as formas de encaminhamentos de todas as ações de certificação dos imóveis, bem como a respeito da conduta correta para prováveis desmembramentos e remembramentos, cancelamentos e retificações, entre outros procedimentos (INCRA, 2013d). A estruturação do processo de certificação é regida pelo “Manual Técnico de Limites e Confrontações” (INCRA, 2013c) que aborda, principalmente, os tipos de vértices que a poligonal pode possuir e os tipos de limites. O “Manual Técnico de Posicionamento” (INCRA, 2013b), por sua vez, tem uma importância significativa para esse trabalho, pelo fato de que o mesmo explicita como realizar o cálculo de área das poligonais, diferenciando dos demais procedimentos (de cálculo de área) das outras edições da NTGIR (INCRA, 2003, 2010a, 2010b). Atualmente, no referido manual, a área é referenciada no SGL, e os resultados obtidos, por meio desse processo, explicitam melhor a realidade física da área medida. Assim, eliminam-se as distorções, as quais se tornam maiores na medida em que as parcelas aumentam sua superfície (INCRA, 2013b). Para um melhor entendimento do referido processo, tem-se, no referido manual, a explanação de como realizar a conversão para coordenadas locais, na qual é utilizada uma matriz de rotação ortogonal.

Conforme informações de Dal’forno et al. (2009), no sistema de coordenadas terrestres local, é permitido realizar implantações de obras, com alta precisão, sendo uma grande solução técnica para os projetos que envolvam engenharia e cadastro. Ainda, Dal’forno et al. (2011) complementam que a conversão das coordenadas geodésicas para locais “é de suma importância para facilitar o seu emprego e ao aperfeiçoamento da normalização dessas transformações, de modo que, a exatidão seja compatível com as especificações estabelecidas”.

Sequencialmente são contextualizadas algumas definições que são os pilares, para que sejam constatados, alguns procedimentos metodológicos do presente trabalho. Assim, destacam-se os conceitos de modelos de superfície da Terra, coordenadas geodésicas, coordenadas planas UTM, Plano Topográfico Local e Sistema Geodésico Local.

### **1.1 Modelos de superfície da Terra**

Devido às irregularidades da superfície terrestre, utilizam-se modelos para a sua representação, mais simples, regulares e geométricos e que mais se aproximam da forma real para efetuar os cálculos. Cada um destes modelos de superfície tem a sua aplicação, e quanto

mais complexa a figura empregada para a representação da Terra, mais complexos serão os cálculos sobre esta superfície.

No estudo da forma e dimensão da Terra, podemos considerar as principais superfícies de representação terrestre: geoidal, topográfica e elipsoidal.

A superfície geoidal é definida teoricamente como sendo o nível médio dos mares em repouso, prolongado através dos continentes. É a forma física do campo gravitacional real. Não é uma superfície regular e é de difícil tratamento matemático. Considerado como a superfície de nível de altitude igual a zero, e coincidente com o nível médio dos mares. O geóide é utilizado como referência para as altitudes ortométricas (distância contada sobre a vertical, do geóide até a superfície física no ponto considerado).

Existe a superfície topográfica real, que é a Terra em sua forma física real. Devido à dificuldade em realizar cálculos para a superfície topográfica total da Terra, ocorre uma simplificação do modelo da Terra, e são utilizados elipsóides de referência.

Desta forma, a superfície elipsoidal, é uma forma matemática aproximada da Terra, como um elipsóide. A forma e o tamanho de um elipsóide, bem como sua posição relativa ao geóide definem um Sistema Geodésico (também designado por Datum geodésico horizontal). No Brasil, o atual Sistema Geodésico Brasileiro (SIRGAS2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas de 2000) adota o elipsoide de revolução GRS80 (Global Reference System 1980). Os parâmetros para o elipsoide do SIRGAS 2000 são os seguintes: a (semi-eixo maior) = 6.378.137 m; b (semi-eixo menor) = 6.356.752,3141 m;  $\phi$  (achatamento) = 1/298,257222101.

## **1.2 Coordenadas geodésicas**

Em relação aos tipos de coordenadas, destaca-se que, segundo Sampaio (2005), a utilização das coordenadas geodésicas se faz extremamente importante visto a grande vantagem em efetivar a localização de qualquer ponto sobre a superfície terrestre. A mesma autora ainda salienta que tais coordenadas são medidas angulares, podendo, assim, ser expressas em graus decimais ou de forma sexagesimal (grau, minuto e segundo), representadas em latitude (Norte e Sul) e longitude (Leste e Oeste), variantes, por meio dos meridianos e paralelos.

### 1.3 Coordenadas planas UTM

O Sistema UTM segue as características de uma projeção conforme, cilíndrica, transversa e secante. É uma modificação da projeção cilíndrica transversa de Mercator, que é tangente no Meridiano Central. A projeção UTM, sendo conforme, não deforma os ângulos. Porém, as distâncias serão deformadas. O quadriculado UTM está associado ao sistema de coordenadas planorretangulares, de modo que o eixo Y coincide com a projeção do meridiano central (eixo N), e o eixo X, com a projeção do equador (eixo E).

Em relação às coordenadas planas UTM, é importante destacar que a mesma está presente numa distribuição de Fusos (no total de 60) espaçados em 6° de longitude, a partir do antimeridiano (180°) de Greenwich, totalizando os 360° da superfície terrestre. Pode-se identificar também o Fuso a partir de seu Meridiano Central que fica exatamente no centro do Fuso. A Latitude de Origem da Projeção Universal Transversa de Mercator é a 0°, na Linha do Equador. Os limites de Latitude com projeção no Sistema UTM são de 80°S a 84°N, pois a distorção nos polos é muito grande. As zonas UTM possuem identificadores para regiões de 8 graus ao norte e ao sul do Equador. Iniciando em 80° sul e seguindo para o norte, 20 faixas são identificadas com as letras de C até X, omitindo I e O. Essas faixas possuem o tamanho de 8° em latitude excetuando a X que possui 12° (entre 72-84 N).

O par de coordenadas planas UTM é definido pelas coordenadas “North-N” (Norte) e coordenadas “East-E” (Leste) dados em metros ou quilômetros, informando o número do Fuso ou a longitude do meridiano central e, ainda, o hemisfério Norte ou Sul. Também é preciso informar o Datum de Referência.

As coordenadas “North-N” começam a partir do Equador, com valor inicial igual a 0 m. Para evitar valores negativos no Hemisfério Sul, acrescenta-se o valor fixo de 10.000.000 m no Equador. Logo, as coordenadas do Hemisfério Sul são calculadas subtraindo uma distância do valor 10.000.000 m. Para as coordenadas “East-E”, as coordenadas UTM têm sua origem no meridiano central de cada Fuso com valor de 500.000 m, somando à direita e subtraindo à esquerda as distâncias a partir dessa referência. O par de coordenadas planas UTM deverá ser acompanhado das direções N e E, mesmo que o ponto esteja a Oeste ou a Sul. As Coordenadas planas UTM definem posições bi-dimensionais e horizontais.

Para o caso em que determinado trabalho esteja sendo realizado na borda de um Fuso, caso a precisão do trabalho em questão seja atendida, pode-se estender as coordenadas de um Fuso para aquele que está ao lado. A distorção é mínima na área próxima à circunferência de secância. O fator de Escala  $K_0$  possui deformação nula ( $K=1$ ) nas linhas de secância

(aproximadamente  $1^{\circ}37'$  a partir do meridiano central). Nas linhas de secância, a distorção angular e linear é nula, e essa linha meridiana é chamada de Linha de Distorção Zero. Entre as linhas de secância ( $K < 1$ ), ocorre redução na área em projeção. Já na região exterior às linhas de secância ( $K > 1$ ), é observada ampliação na área. O fator de escala de uma projeção UTM é de  $K = 0,9996$  ao meridiano central (cilindro secante) e  $1,0009737$  nos extremos do Fuso (TULER, 2013), conforme Figura 1.

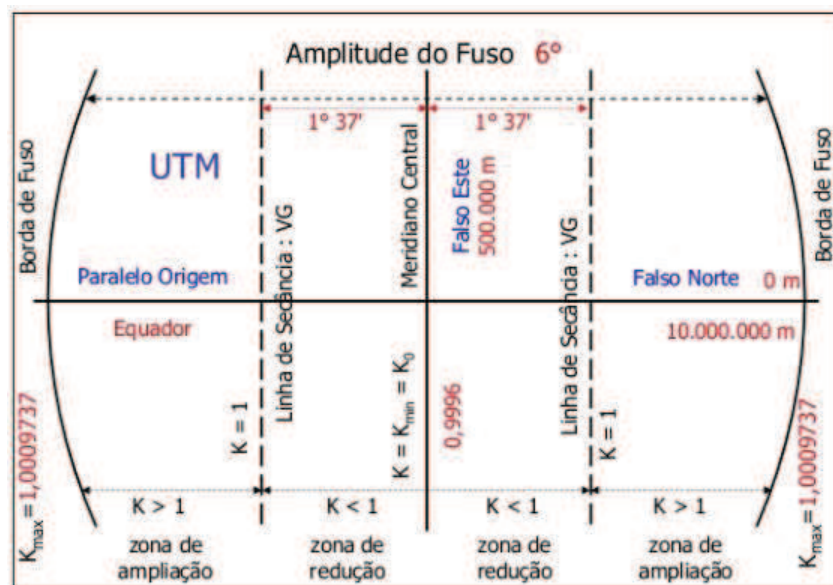


Figura 1. Fatores de escala em relação à posição no Fuso UTM.

Como a projeção UTM é conforme, ou seja, mantém os ângulos entre os alinhamentos, esta apenas deformará as distâncias segundo a posição dos pontos no Fuso em relação ao meridiano de secância.

#### 1.4 Plano Topográfico Local (PTL)

De acordo com Silva (2015), em muitos casos, ao invés de trabalhar com as coordenadas planas da projeção UTM, pode ser interessante trabalhar com coordenadas planas retangulares no sistema topográfico local, ou seja, sobre um sistema de coordenadas localizado no nível da superfície topográfica. Neste sistema as distâncias calculadas não precisam ser corrigidas pelo fator de escala e a correção azimutal não é utilizada, facilitando o uso das coordenadas. Para o estabelecimento de um sistema de coordenadas deste tipo é necessário, primeiramente, adotar um ponto de coordenadas geodésicas conhecidas como base para o sistema, a partir do qual será corrigida a convergência meridiana e, em seguida, uma

altitude de referência (geralmente a altitude média do local), sobre a qual serão projetados os pontos topográficos levantados. Além disso, para que um sistema de coordenadas local possa ser utilizado sem restrições, é necessário que a área que contém os pontos transformados seja suficientemente pequena para que a variação do valor da convergência meridiana e do fator de escala possam ser desconsiderados, e a altitude dos pontos não varie muito em relação à altitude de referência adotada.

Dal’Forno et al. (2010) destaca que o plano local “indubitavelmente é o que permite operacionalizar com maior exatidão a implantação de obras e de plantas cadastrais”.

A respeito do Plano Topográfico Local (PTL), que surgiu com o advento da NBR 13.133/94, cabe lembrar que abarca conceito importante para levantamentos de âmbito topográfico. Apesar de ser introduzido pela NBR 13.133/94, o uso de um sistema de coordenadas plano local está regulamentado pela norma brasileira NBR 14.166/98 – Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimentos, em vigor desde 1998 (SILVA, 2015). O PTL, conforme NBR citada, utiliza como referência as coordenadas X de 150.000,00 m, coordenadas Y de 250.000,00 m, e h de 500,00 m.

O PTL representa uma alternativa aos sistemas UTM, RTM (Regional Transversa de Mercator) e LTM (Local Transversa de Mercator), facilitando os cálculos e simplificações nas aplicações topográficas. O uso da projeção em coordenadas planas UTM em locação, por exemplo, requer a transformação da distância plana na sua equivalente na superfície topográfica, através da aplicação do coeficiente de deformação linear e do fator de ampliação devido à altitude da superfície topográfica onde se desenvolverá o trabalho ou se analisará as informações. Outro exemplo a ser dado são as determinações de áreas, que são mais próximas à realidade da superfície topográfica quando representadas no PTL.

### **1.5 Sistema Geodésico Local (SGL)**

O SGL é obtido convertendo a poligonal original para local, utilizando como vértice-base o resultado da média aritmética de todos os vértices, que é calculada a partir das coordenadas locais, tendo como ponto de referência (da conversão das coordenadas) o centro geométrico do polígono em questão, de acordo com a normativa do INCRA (2013b).

A transformação das coordenadas planas UTM para coordenadas topográficas locais é baseada na rotação, em função da convergência meridiana, e no fator de escala total, em função da altitude média do local e das coordenadas planas UTM de um ponto tomado como referência (SILVA, 2015).

## **1.6 Objetivos**

Assim, diante deste contexto, o referido trabalho objetivou a comparação entre áreas e dimensões em distintos fatores de escala do Fuso UTM 22 no Hemisfério Sul, no Plano Topográfico Local, no Sistema Geodésico Local e no Sistema de Coordenadas Planas UTM. Desta forma, o problema desse trabalho está contido na resolução de duas questões, fundamentalmente:

- Quais as diferenças de área envolvidas no uso das coordenadas locais em PTL e SGL?
- Qual a variação da área, ao utilizar as coordenadas planas UTM, ao longo de um Fuso, nas zonas de ampliação, redução e  $k=1$ , e quais as divergências comparando-as com as áreas obtidas pelas coordenadas locais?

Justifica-se, desse modo, gerar uma discussão sobre a comparação de áreas localizadas em diferentes regiões de um Fuso UTM, pois devido à incidência das distorções, das coordenadas planas UTM, as mesmas acabam por caracterizar uma área diferente para a que está contida, de fato, no campo. Além do mais, o presente trabalho justifica-se pela importância de realizar uma avaliação criteriosa quanto às diferenças geradas na área superficial, perante o cálculo com coordenadas planas UTM e locais.

Conjuntamente, tem-se o objetivo de: verificar os motivos que levaram o INCRA a alterar a normativa para cálculo de áreas; e averiguar se seria importante considerar as altitudes ao longo do perímetro da poligonal, pois em casos de futuros desmembramentos de determinada área poderia ocorrer uma situação em que a soma das partes poderá ser maior ou menor que o todo.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Com o objetivo de identificar os procedimentos teórico-práticos envolvidos no presente trabalho, os mesmos são listados a seguir, juntamente com a caracterização dos aplicativos utilizados.

### **2.1 Localização da área de estudo**

Na etapa inicial do trabalho, compreende-se abordar a seleção das áreas a serem estudadas, conforme a proposição do trabalho; a seguir reconheceram-se as áreas que estivessem localizadas próximas ao centro do Fuso UTM 22 S (zonas de redução), nas bordas

(zonas de ampliação) e nos locais com deformação nula (com fator de escala igual a um,  $k=1$ ), como mostrado na Figura 2. A porção do Fuso UTM 22 S que está situada no Oceano Atlântico não foi mostrada na Figura 2, devido à inexistência de áreas abrangidas pelo SIGEF.

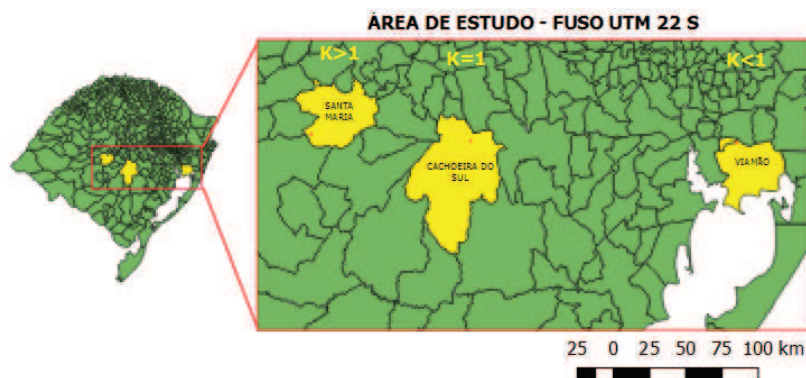


Figura 2. Localização das áreas de estudo, no Fuso UTM 22 S, no Estado do Rio Grande do Sul – Brasil.

A Figura 2 sistematiza os locais onde os pontos das poligonais foram caracterizados, abrangendo áreas nos municípios de Santa Maria ( $k > 1$ ), Cachoeira do Sul ( $k = 1$ ), e Viamão ( $k < 1$ ), todos localizados no Fuso UTM 22 S, no Estado do Rio Grande do Sul.

## 2.2 Aplicativos utilizados

Entre os aplicativos utilizados, destaca-se o Métrica TOPO<sup>®</sup>, responsável pela transformação das coordenadas planas UTM para geodésicas, pela conversão das coordenadas em Plano Topográfico Local (PTL) para coordenadas planas UTM, e pelo cálculo das áreas e perímetros em PTL, UTM e SGL (Sistema Geodésico Local).

Foi utilizado o Microsoft Excel 2010<sup>®</sup>, para comparação entre as áreas e perímetros em SGL, PTL e UTM. Além deste, foi utilizado o aplicativo Google Earth<sup>®</sup>, para obtenção das altitudes elipsoidais aproximadas das áreas de estudo.

## 2.3 Procedimentos da metodologia

Para manipular de forma correta o aplicativo Métrica TOPO<sup>®</sup>, o usuário deverá inserir as coordenadas planas UTM de forma adequada, com a seguinte estrutura: a coordenada Norte (N) e a coordenada Leste (E) deverão possuir 4 casas decimais, a altitude deverá obedecer o número de 3 casas decimais, conforme Figura 3. É importante salientar que, de acordo com a NBR 14.166/98, as diferenças entre altitudes para o Plano Topográfico Local não podem ultrapassar 150 metros, devido ao fato de ocasionar distorções excessivas nas



áreas dos polígonos. Este aspecto foi atendido para as três áreas estudadas, sendo que a diferença máxima entre altitudes foi de 32,000 metros. As equações de cálculo das transformações de coordenadas estão contidas na NBR referida acima.

Ind	P. Visado	Descrição	Coord. E(X)	Coord. N(Y)	Cota Z
1	1		319000.0000	6680800.0000	37.000
2	2		320000.0000	6680800.0000	38.000
3	3		319000.0000	6681800.0000	63.000
4	4		320000.0000	6681800.0000	31.000
5	MEDIA		319500.0000	6681300.0000	42.250

Figura 3. Coordenadas planas UTM e Cota Z de cada vértice inseridas no Métrica TOPO®.

A configuração da planilha no Métrica TOPO® foi no modo “Transformação de coordenadas”, para possibilitar a conversão de coordenadas planas UTM para Latitude e Longitude, e posterior conversão para Plano Topográfico Local. Isto porque, para transformar coordenadas planas UTM para PTL, é necessário inserir a Latitude e Longitude médias nos dados de destino. Para isto, foi calculada a média das coordenadas planas UTM Norte e Este para cada polígono.

Os dados de origem em UTM foram com os seguintes parâmetros: Elipsóide SIRGAS2000, Hemisfério Sul/Oeste, Meridiano Central 51°00’ (Fuso UTM 22 S). Os dados de altitude foram estimados, utilizando-se a altitude elipsoidal obtidas no aplicativo Google Earth®, para cada área estudada.

Já os dados de destino, foram em PTL, utilizando o mesmo Elipsóide SIRGAS2000, com coordenadas X=150000,000; Y=250000,000; e h=500,000, em metros (m), conforme padronização da NBR 14.166/98. A latitude e a longitude médias de destino variaram conforme a posição no Fuso UTM 22 S, para cada uma das três áreas estudadas.

A Figura 4 apresenta uma visualização geral do aplicativo Métrica TOPO®. Assim, verificando a planilha, onde foram inseridas as coordenadas planas UTM, foi realizado o próximo passo, no qual é a transformação da coordenada plana UTM (coordenada Este e Norte) para Latitude e Longitude. Dessa forma, a transformação ocorre com um clique sobre o ícone ‘Calcular’, para calcular a Latitude e Longitude médias.

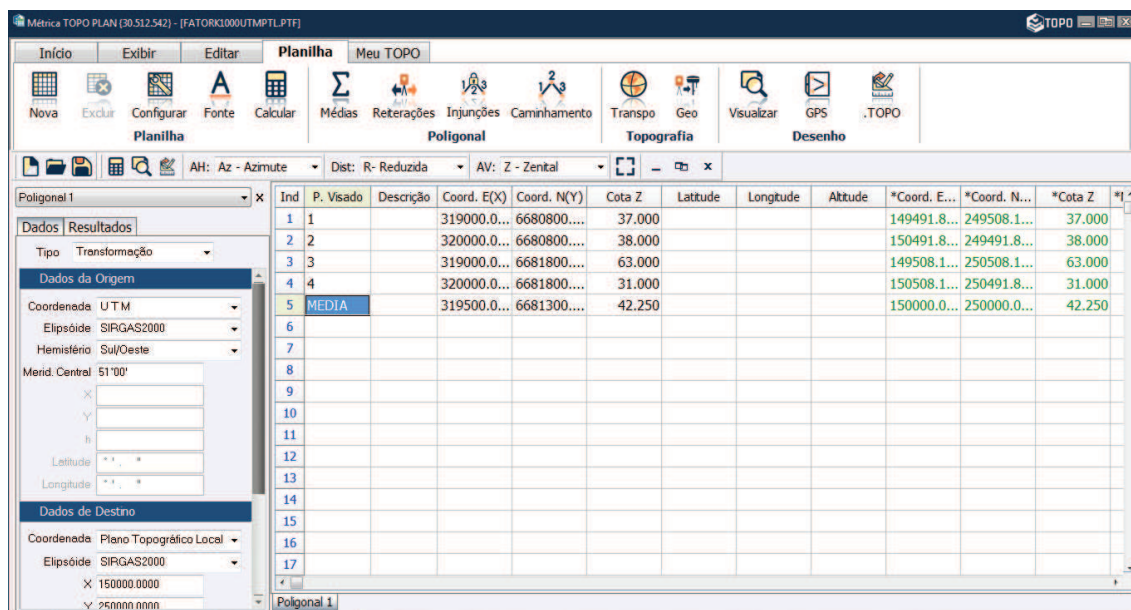


Figura 4. Aplicativo Métrica TOPO® - Transformação de coordenadas planas UTM para PTL.

Posteriormente, foram inseridas nos dados de destino a Latitude e a Longitude médias, para transformar os dados de coordenadas planas UTM para PTL. Com as coordenadas em PTL, utilizou-se a ferramenta ‘Exportar para o Métrica TOPO’. O Métrica TOPO® é um aplicativo de plataforma CAD, e foi utilizado para realizar o desenho das áreas em estudo. Cada uma das três áreas possui 4 vértices, e um ponto médio para ser utilizado como referência. Desta forma, a área em PTL exportada para o Métrica TOPO® foi ajustada para que cada lado do polígono tivesse 1.000,00 m, procedimento realizado com o auxílio da ferramenta ‘Modificar Comprimento’. Com o comprimento de linha alterado para 1.000,00 m, foram criados pontos referentes a este novo comprimento, e desenhado o polígono, com a ferramenta ‘Polilinha’ e ativando a precisão em ‘Objeto SNAP’, para unir os quatro vértices em uma polilinha. Com o desenho, foi usada a ferramenta ‘Área’, na aba ‘Topografia’. Esta área medida (em metros quadrados e hectares) e o perímetro (em metros) em Plano Topográfico Local foi inserida em uma planilha do Microsoft Excel 2010® para posterior comparação entre os três polígonos nos três locais do Fuso UTM 22 S. As áreas em PTL foram padronizadas em 100,0000 hectares, e os respectivos perímetros em 4.000,00 m.

Escolheram-se três poligonais: uma localizada próxima à borda do Fuso UTM 22 S (área de ampliação – no município de Santa Maria/RS), outra próxima do centro do Fuso UTM 22 S (área de redução – no município de Viamão/RS) e a última no local mais próximo possível da região do Fuso UTM 22 S em que o fator de escala é igual a 1 (no município de Cachoeira do Sul/RS), conforme já visualizado na Figura 2.

Todas as poligonais foram oriundas de áreas estimadas, a partir das coordenadas planas UTM, inseridas em planilhas do Métrica TOPO<sup>®</sup>. As coordenadas Norte foram praticamente as mesmas para as três áreas, diferenciando cada uma das três áreas pelas coordenadas Este, somente.

A partir dos dados de cada polígono, definiram-se as poligonais de análise, cada uma composta por 4 vértices.

Depois de organizado o processo de conversão das coordenadas e cálculo da área, realizou-se a inserção dos dados das áreas, salvo anteriormente, para, que assim, fossem analisados os resultados, procedimento feito no Microsoft Excel 2010<sup>®</sup>. Foram colocados em planilhas os dados das áreas e perímetros obtidos em PTL, UTM e SGL.

O padrão de referência dos dados, que serviu como a origem para a realização das porcentagens foi a área obtida em Plano Topográfico Local. A comparação foi feita com as áreas em coordenadas planas UTM e em SGL. O SGL é calculado pela metodologia do SIGEF (para obtenção da referida área, foi utilizada a ferramenta ‘Área SGL’ do aplicativo Métrica TOPO<sup>®</sup>), a fim de obter a área no padrão do INCRA, ou seja, convertendo a poligonal original para local, utilizando como vértice-base o resultado da média aritmética de todos os vértices, que é a área calculada a partir das coordenadas locais, como ponto de referência (da conversão das coordenadas) o centro geométrico do polígono em questão. Importante salientar que o aplicativo Métrica TOPO<sup>®</sup> não apresenta as coordenadas das áreas em SGL. Assim, as áreas comparadas foram: a área obtida em coordenadas planas UTM, a área obtida em PTL, e a área obtida em SGL, juntamente com os respectivos perímetros.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A seguir, é representada a estrutura geométrica das áreas nas quais foram aplicadas as etapas metodológicas do trabalho (Figura 5). Conforme podemos visualizar, as áreas são polígonos semelhantes, variando apenas o fator de escala conforme a posição do polígono no Fuso UTM 22 S, e a orientação do desenho, variável de acordo com a convergência meridiana de cada área, conforme a localização no Fuso UTM 22 S.

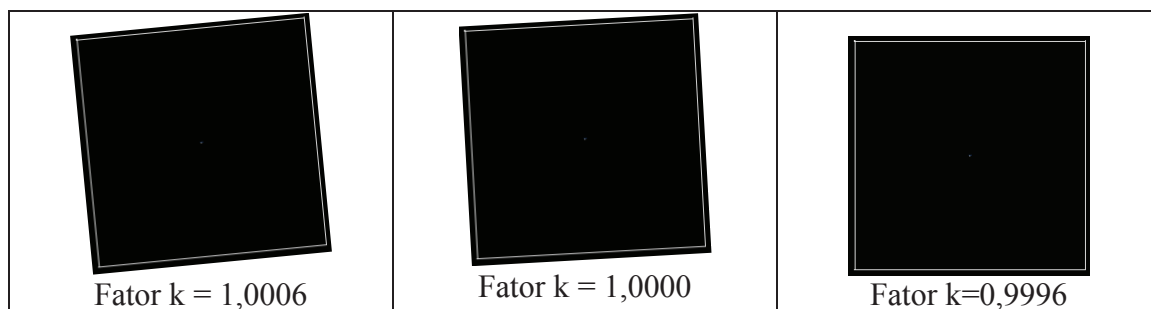


Figura 5. Polígonos em coordenadas planas UTM com diferentes fatores de escala.

Desta forma, para proceder à referida análise, inicialmente foram realizadas as comparações dos percentuais de áreas, e os valores de superfície em hectares.

A área em coordenadas planas UTM, por possuir um fator de escala, gera valores muito mais discrepantes em comparação com as áreas em PTL e em SGL. As três áreas em coordenadas PTL foram padronizadas em 100,0000 hectares, cada uma, para facilitar a análise posterior na comparação das áreas em UTM e SGL.

Nas Tabelas 1, 2 e 3, é possível visualizar as coordenadas planas UTM para os diferentes polígonos considerados.

k=0,9996 (centro do Fuso)			
Latitude: 29°59'57.227017"		Longitude: 51°00'00.000000"	
Ponto	E (m)	N (m)	Cota Z (m)
1	500.499,5214	6.680.800,4784	27,000
2	499.499,9999	6.680.800,4784	23,000
3	500.499,5214	6.681.799,9999	25,000
4	499.499,9999	6.681.800,0000	21,000

Tabela 1. Polígono em Coordenadas Planas UTM no Meridiano Central do Fuso UTM 22 S – Viamão/RS.

k=1,0000 (distorção zero)			
Latitude 29°59'09.361349"		Longitude 52°52'15.777748"	
Ponto	E (m)	N (m)	Cota Z (m)
1	319.016,3230	6.680.800,2080	37,000
2	320.016,1140	6.680.816,5330	38,000
3	319.000,0000	6.681.800,0000	63,000
4	319.999,7900	6.681.816,3210	31,000

Tabela 2. Polígono em Coordenadas Planas UTM na Linha de Distorção Zero do Fuso UTM 22 S – Cachoeira do Sul/RS.

k=1,0006 (borda oeste do Fuso)			
Latitude: 29°57'54.682435"		Longitude: 53°59'37.227002"	
Ponto	E (m)	N (m)	Cota Z (m)
1	210.625,5750	6.680.799,7870	82,000
2	211.625,7850	6.680.825,9170	106,000
3	211.599,6586	6.681.826,1234	89,000
4	210.599,4480	6.681.800,0000	89,000

Tabela 3. Polígono em Coordenadas Planas UTM na borda oeste do Fuso UTM 22 S – Santa Maria/RS.

A Tabela 4 apresenta as áreas e perímetros em coordenadas planas UTM, com os distintos fatores de escala.

Fator de escala	Área (ha)	Perímetro (m)
k=0,9996	99,9043	3.998,0860
k=1,0000	99,9847	3.999,6940
k=1,0006	100,1103	4.002,2050

Tabela 4. Área e Perímetro em coordenadas planas UTM, para diferentes fatores de escala considerados.

A seguir, são descritas as coordenadas em PTL, para os diferentes locais considerados, nas Tabelas 5, 6 e 7.

Latitude: 29°59'57.227017" Longitude: 51°00'00.000000"			
Ponto	E (m)	N (m)	Cota Z (m)
1	150.499,7605	249.500,2393	27,000
2	149.499,7605	249.500,2393	23,000
3	150.499,7605	250.500,2393	25,000
4	149.499,7605	250.500,2393	21,000

Tabela 5. Polígono em PTL – Viamão/RS.

Latitude: 29°59'09.361349" Longitude: 52°52'15.777748"			
Ponto	E (m)	N (m)	Cota Z (m)
1	149.508,1913	249.508,1335	37,000
2	150.508,1913	249.508,1335	38,000
3	149.508,1913	250.508,1335	63,000
4	150.508,1913	250.508,1335	31,000

Tabela 6. Polígono em PTL – Cachoeira do Sul/RS.

Latitude: 29°57'54.682435"      Longitude: 53°59'37.227002"			
Ponto	E (m)	N (m)	Cota Z (m)
1	149.512,9440	249.512,6160	82,000
2	150.512,9440	249.512,6160	106,000
3	150.512,9440	250.512,6160	89,000
4	149.512,9440	250.512,6160	89,000

Tabela 7. Polígono em PTL – Santa Maria/RS.

As áreas em coordenadas PTL, consideradas com a mesma superfície, foram comparadas com as áreas em UTM e SGL, pois se verifica alteração, conforme o fator de escala do Fuso, tanto para  $k < 1$ ,  $k = 1$  e  $k > 1$ , devido à existência de deformações, aumentando gradativamente em relação ao centro do Fuso (minimizando a área em UTM) e à sua borda (maximizando a área em UTM).

Conforme podemos verificar na Tabela 8, as áreas em SGL, PTL e UTM são diferentes entre si, conforme a posição do polígono no Fuso UTM 22 S.

	Fator de escala (k)	k=0,9996	k=1,0000	k=1,0006
PTL	ÁREA (ha)	100,0000	100,0000	100,0000
	PERÍMETRO (m)	4.000,0000	4.000,0000	4.000,0000
SGL	ÁREA (ha)	99,9854	99,9874	99,9850
	PERÍMETRO (m)	3.999,7000	3.999,7500	3.999,7100
UTM	ÁREA (ha)	99,9043	99,9847	100,1103
	PERÍMETRO (m)	3.998,0860	3.999,6940	4.002,2050

Tabela 8. Análise comparativa entre áreas em PTL, SGL e UTM, com diferentes valores de k.

Na área de  $k < 1$ , o valor da área em UTM foi de 0,0958 % menor que a área obtida em PTL, e na área de  $k > 1$ , houve um aumento de 0,1102%. Já na área de  $k = 1$ , a área em UTM foi 0,0153% menor que a área em PTL.

Quando verificamos a discrepância das áreas medidas em SGL e PTL, verificamos que para  $k < 1$ , a área em SGL é 0,0146% menor do que a área em PTL. Enquanto isso, para  $k > 1$ , a área em SGL foi 0,0150% menor que a área em PTL. Já quando  $k = 1$ , a diferença é menor, com a área em SGL 0,0126% menor que a área em PTL.

Para efeitos de análise comparativa entre coordenadas locais (SGL e PTL) e coordenadas planas UTM, em diferentes regiões do Fuso UTM 22 S, constatou-se que as áreas em SGL (obtidas pelo SIGEF) e em PTL, condizem de forma mais adequada com a realidade da área medida.

Os valores percentuais foram comparados, e devido ao fato de que as discrepâncias obtidas foram pequenas, pois as variações existem, mas percentualmente em relação à área total mostram-se pouco significativas. Porém, para efeito de sobreposição sobre outros imóveis lindeiros, podem acarretar problemas caso existam desmembramentos ou remembramentos de imóveis, devido à alteração do plano topográfico e mudança de área do polígono.

É possível verificar que as distorções da projeção UTM são facilmente verificadas, com acréscimo de áreas nas regiões de  $k > 1$  e decréscimo de área com  $k < 1$ . Desta forma, pode-se afirmar que o cálculo de área com coordenadas planas UTM apresenta valores incompatíveis para com o valor de fato que a área apresenta. Com a publicação da 3ª NTGIR do INCRA, e pela mudança de metodologia de cálculo da área, pode-se perceber uma melhoria para as áreas medidas via SIGEF, pois, a partir dessa análise, os valores, de fato, são condizentes para com a realidade física superficial.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É fundamental realizar a análise comparativa nesse trabalho, para as áreas em SGL, PTL e UTM, visto a grande importância da compreensão das formas de cálculo de área, pois ocorreu uma alteração pertinente na metodologia de cálculo de área na normativa do SIGEF. Desta forma, a percepção e o entendimento das diferenças obtidas no cálculo de área com coordenadas planas UTM e locais (SGL e PTL) são de extrema importância. Mesmo que tenham ocorrido pequenas variações nas áreas, é importante salientar que a realização do cálculo da área em uma superfície fictícia, no caso das coordenadas planas UTM, pode alterar de forma substancial as áreas, e provocar uma sobreposição sobre áreas confrontantes, em situações onde  $k > 1$ .

Conclui-se que o cálculo de área a partir das coordenadas planas UTM mostra-se desconexo para com a realidade topográfica local, pois, dependendo de sua localização espacial em um Fuso UTM, as variações tendem a serem maiores ou menores, evidenciando que a área calculada em UTM não é a mesma que de fato existe no campo.

A metodologia de cálculo de área realizada pelo SIGEF (2014) é adequada, devido a dois pontos fundamentais. O primeiro, pelo fato de ter como origem do cálculo as coordenadas locais (SGL). O segundo ponto refere-se à importância de que o vértice utilizado para realizar a conversão para coordenadas locais é um ponto com valores médios dos pontos

(nos três eixos cartesianos). Assim, demonstra-se que, principalmente, a altitude terá um valor intermediário, acarretando menor discrepância, conforme Prina et al. (2015).

A diferença entre as áreas medidas em PTL e SGL ocorrem devido à metodologia da cada sistema de cálculo. No SIGEF, o cálculo de área é feito com as coordenadas cartesianas locais referenciadas ao SGL. Deste modo, as coordenadas cartesianas geocêntricas determinadas para os vértices do limite devem ser convertidas para o SGL, usando-se a média das coordenadas da parcela em questão como origem do sistema. Desta forma, os resultados obtidos expressam melhor a realidade física, quando comparados aos valores referenciados ao Sistema UTM, que era adotado anteriormente (INCRA, 2013b). O SGL pode ser aplicado no cálculo de áreas, e em projetos de parcelamento/desmembramento, segundo normativa do INCRA. De acordo com a NTGIR, 3ª edição, o Sistema Geodésico Local (SGL) é um sistema cartesiano composto de três eixos mutuamente ortogonais (e, n, u), onde o eixo “n” aponta em direção ao norte geodésico, o eixo “e” aponta para a direção leste e é perpendicular ao eixo “n”, ambos contidos no plano topocêntrico, e o eixo “u” coincide com a normal ao elipsoide que passa pelo vértice escolhido como a origem do sistema (INCRA, 2013b).

Já o Plano Topográfico Local é estabelecido na altitude ortométrica do ponto origem do levantamento, ou a uma altura arbitrária denominada de cota. O Plano Topográfico Local desconsidera a curvatura da Terra e é perpendicular à vertical do lugar no ponto da superfície terrestre considerado como origem do levantamento.

Segundo Simões et al. (2017), ambos os sistemas – PTL e SGL – apresentam uma divergência pequena, contudo significativa, o que faz com que os mesmos não sejam considerados equivalentes e, desse modo, a aplicabilidade de cada um deve obedecer às exigências das normas técnicas. Os dois sistemas locais analisados, Plano Topográfico Local e Sistema Geodésico Local, não são compatíveis, apontam para uma divergência considerável quando na adoção dos sistemas para as aplicações descritas na NBR 14.166/98 e no Manual Técnico de Posicionamento (INCRA, 2013a).

Desse modo, considerando-se a aplicabilidade dos Sistemas Geodésico Local e Plano Topográfico Local, conforme o Manual Técnico de Posicionamento do INCRA e a NBR 14.166/98, recomenda-se que, para trabalhos práticos de georreferenciamento de imóveis rurais, adote-se o Sistema Geodésico Local, e, em levantamentos cadastrais municipais, recomenda-se a adoção do Plano Topográfico Local, conforme exigência da NBR 14.166/98 (Rede de Referência Cadastral), assumindo-se, para o eixo z, as próprias altitudes ortométricas dos vértices em questão, o que resulta em dados altimétricos mais confiáveis.



Com esse trabalho, é possível compreender a dinâmica do cálculo de área, e verificar os motivos das discrepâncias entre áreas em PTL, SGL e UTM.

Um problema possível de ocorrer, em casos de desmembramentos de imóveis certificados no SIGEF, é que são incluídos pontos adicionais que mudam os parâmetros do ponto de base. Esta alteração muda o plano topográfico e, mudando o plano topográfico, muda a área e, em pequena escala, as distâncias e azimutes. Para resolver este problema de alteração de área, as seguintes soluções seriam possíveis, segundo Silveira (2017):

- O SIGEF poderia apresentar, aos credenciados no INCRA para certificar imóveis rurais, os parâmetros do ponto base (coordenadas geodésicas elipsoidais e altitude média);
- Quando houver desmembramento, utilizar os mesmos parâmetros para o SGL;
- Desconsiderar as altitudes dos novos pontos implantados;
- Em situações de remembramentos de imóveis certificados no SIGEF, utilizar o SGL da maior área. A soma das áreas será um pouco diferente da soma das áreas anteriores. Os registradores de imóveis poderão ser comunicados do fato a partir de uma circular do INCRA;
- O SIGEF pode disponibilizar as coordenadas, no SGL, para o credenciado executar a planta para o Registro de Imóveis.

## **5. AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos ao orientador Marciano Carneiro, pelo incentivo e disponibilidade para orientação deste trabalho. E aos colegas e professores do Curso de Especialização em Informações Espaciais Georreferenciadas da Unisinos, pelo companheirismo e aprendizado no decorrer do ano de curso.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

BRASIL. Portaria nº 486. 2 de setembro de 2013. Disponível em:

<[https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/portaria\\_486.pdf](https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/portaria_486.pdf)>. Acesso em 31 jan.18.

DAL'FORNO, G. L.; SAMPAIO, M. I. R.; AGUIRRE, A. J.; HILLEBRAND, F. L.

Levantamento planialtimétrico no plano topográfico local: estudo comparativo dos resultados obtidos a partir de métodos geodésicos e topográficos. Gaea - Journal of Geoscience, vol. 5, n. 2, jul/dez 2009, p. 51-60. Disponível em:

<<http://revistas.unisinos.br/index.php/gaea/article/view/5063>>. Acesso em 04 fev.18.

DAL'FORNO, G. L., AGUIRRE, A. J.; HILLEBRAND, F. L.; GREGÓRIO, b F. de V.

Transformação de coordenadas geodésicas em coordenadas no plano topográfico local pelos

métodos da norma NBR 14166:1998 e o de rotações e translações. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010.

Disponível em:

<[http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO\\_CD/artigos/Cad\\_Geod\\_Agrim/Geodesia%20e%20Agrimensura/A\\_62.pdf](http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Cad_Geod_Agrim/Geodesia%20e%20Agrimensura/A_62.pdf)>. Acesso em 04 fev.18.

DAL'FORNO, G. L.; AGUIRRE, A. J.; HILLEBRAND, F. L. GREGÓRIO, F. de V.

Transformação de coordenadas geodésicas em coordenadas no plano topográfico local pelos métodos da norma NBR 14166/1998 e o de rotações / translações. Revista A Mira -

Agrimensura e Cartografia, 2011. Disponível em:

<<http://www.amiranet.com.br/artigo/transformacao-de-coordenadas-geodesicas-em-coordenadas-no-plano-topografico-local-pelos-metodos-da-norma-nbr-14166-1998-e-o-de-rotacoes-translacoes-74>>. Acesso em 04 fev.18.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Norma Técnica para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Aplicada à Lei 10.267, de 28 de agosto de 2001 e do Decreto 4.449, de 30 de outubro de 2002. 1ª Edição, novembro/2003.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Norma Técnica para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Aplicada à Lei 10.267, de 28 de agosto de 2001 e do Decreto 4.449, de 30 de outubro de 2002. 2ª Edição, fevereiro/2010a.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Norma Técnica para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Aplicada à Lei 10.267, de 28 de agosto de 2001 e do Decreto 4.449, de 30 de outubro de 2002. 2ª Edição Revisada, agosto/2010b.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Norma Técnica para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais. 3ª Edição, Brasília, 2013a. Disponível em:

<[https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/norma\\_tecnica\\_georreferenciamento\\_imoveis\\_rurais\\_3ed.pdf](https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/norma_tecnica_georreferenciamento_imoveis_rurais_3ed.pdf)>. Acesso em 31 jan.18.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Manual Técnico de Posicionamento. 1ª Edição, Brasília, 2013b. Disponível em:

<[https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual\\_tecnico\\_posicionamento\\_1ed.pdf](https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual_tecnico_posicionamento_1ed.pdf)>. Acesso em 31 jan.18.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Manual Técnico de Limite e Confrontações. 1ª Edição, Brasília, 2013c. Disponível em:

<[https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual\\_tecnico\\_limites\\_confrontacoes\\_1ed.pdf](https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual_tecnico_limites_confrontacoes_1ed.pdf)>. Acesso em 31 jan.18.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Manual para Gestão da Certificação de Imóveis Rurais. 1ª Edição, Brasília, 2013d. Disponível em:

<[https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual\\_gestao\\_certificacao\\_1ed.pdf](https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual_gestao_certificacao_1ed.pdf)>. Acesso em 04 fev.18.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Georreferenciamento e certificação de imóveis acima de 100 ha passam a ser obrigatórios, 22 nov. 2016. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/noticias/georreferenciamento-e-certificacao-de-imoveis-acima-de-100-ha-passam-ser-obrigatorios>>. Acesso em: 29 jan.18.

PRINA, B. Z.; TRENTIN, R.; CHAVES R. G. S.; CARVALHO L. F. D.

Georreferenciamento de imóveis rurais: análise do cálculo de área. Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume 29, p. 116 a 136, 2015.

SAMPAIO, E. Noções de Cartografia. Departamento de Geociências, Universidade de Évora, 2005. Disponível em: <<http://home.dgeo.uevora.pt/~ems/files/Anexo%20B-05.PDF>>. Acesso em 04 fev.18.

SIGEF. Sistema de Gestão Fundiária. 2014. Disponível em: <<https://sigef.incra.gov.br/>>. Acesso em 04 fev.18.

SILVA, I.; SEGANTINE, P. Topografia para engenharia: teoria e prática de geomática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 416p.

SILVEIRA, L. C. Certificação de imóveis rurais: o SIGEF está muito bom, mas pode melhorar. Revista A Mira - Agrimensura e Registros Públicos / Editora e Livraria Luana Ltda. Criciúma-SC, Ano XXVII, Nº 182, p. 9, 2017.

SIMÕES, D. P.; ALBARICI, F. L.; BORGES, P. A. F. Análise comparativa das coordenadas no Sistema Geodésico Local e no Sistema Topográfico Local. R. Bras. Geom., Curitiba, v. 5, n. 1, p. 062-081, jan/mar. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>.

Acesso em: 19 fev.18.

TULER, M.; SARAIVA, S. Fundamentos de topografia. Porto Alegre: Bookman, 2013. 322p.