

COMPARAÇÃO ENTRE ÁREAS NOS SISTEMAS DE PROJEÇÃO UTM, TM-POA, PTL, GEODÉSICO ELIPSOIDAL DE PORTO ALEGRE/RS

Mariana da Silva Segabinazzi¹

Andressa Carvalho Sókora²

Gabrielle Lane da Silva³

Leonard Niero Da Silveira⁴

Resumo:

Qualquer mapeamento objetivando a gestão territorial urbana deve estar diretamente referenciada a sistemas geodésicos e cartográficos oficiais para que tenham a integração de mapas, cartas e plantas de todo um território. Para a confecção de bases cartográficas, geralmente utiliza-se o sistema de projeção Universal Transverso de Mercator, porém, para o georreferenciamento de áreas urbanas, o sistema UTM pode não ser o mais adequado, pois possui distorções lineares inerentes a própria projeção. No caso do município de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul, o perímetro urbano situa-se sobre o meridiano central do fuso UTM de número 22, o que faz com que os valores das áreas nesta região não traduzam fielmente a realidade. Portanto, este artigo tem por finalidade aferir qual é a área máxima em que cada um dos sistemas de projeção cartográfica mais utilizados na região se aproxima do sistema geodésico elipsoidal. Foram feitas comparações de áreas de várias dimensões, desde 10.000.000.000 m² até o valor mínimo de 1 m². As comparações foram feitas entre os sistemas de projeção cartográfica UTM, TM-POA (projeção para a região de Porto Alegre) e PTL, com o sistema geodésico elipsoidal. Nos cálculos das áreas efetuados foi confirmado que o TM-POA é a melhor alternativa desde 10.000.000.000 m² até 2.500.000.000 m², a partir deste valor o PTL passa a se aproximar mais das áreas sobre a superfície elipsoidal. A partir de 1.192,086 m² a TM-POA passa a ser a melhor opção novamente para a cidade de Porto Alegre.

Palavras-chave: Área; Cartografia; Deformação; Projeção; Geodésia.

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

COMPARAÇÃO ENTRE ÁREAS NOS SISTEMAS DE PROJEÇÃO UTM, TM-POA, PTL, GEODÉSICO ELIPSOIDAL DE PORTO ALEGRE/RS

¹ Aluno de graduação. segabinazzimari@gmail.com. Autor principal

² Aluno de graduação. sokoraandressa@gmail.com. Co-autor

³ Aluno de graduação. gaabe.lane@gmail.com. Co-autor

⁴ Docente. leonardsilveira@unipampa.edu.br. Orientador

COMPARAÇÃO ENTRE ÁREAS NOS SISTEMAS DE PROJEÇÃO UTM, TM-POA, PTL E SISTEMA GEODÉSICO ELIPSOIDAL PARA FINS DE GESTÃO TERRITORIAL URBANA NO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE - RS

1 INTRODUÇÃO

Todo mapeamento deve ser efetuado a partir de referenciais geodésicos e cartográficos oficiais para que haja a integração dos dados de todo o território.

No Brasil, é adotado o SIRGAS2000 como sistema de referência geodésico e todo e qualquer trabalho deve utilizá-lo. Já para as bases cartográficas, de modo geral, utiliza-se o sistema plano UTM (Universal Transverso de Mercator), sendo que o mapeamento topográfico sistemático brasileiro utiliza este sistema (IBGE, 2018).

No entanto, para o georreferenciamento de imóveis rurais e urbanos, o sistema UTM pode não ser adequado devido às distorções lineares inerentes à própria projeção cartográfica, principalmente para projeções conformes que tendem a preservar ângulos e distorcer valores lineares.

Para o cálculo de áreas, quanto mais próximo ao meridiano central ou bordas do fuso UTM maiores serão as distorções e maior será a diferença para uma área sobre a superfície curva da Terra, considerada a que melhor traduz uma área superficial, porém de difícil aplicação prática.

No caso do município de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul, o perímetro urbano fica sobre o meridiano central do fuso UTM de número 22 (51°W), que faz com que os valores de áreas não reflitam a realidade, desta forma é necessária a criação de uma solução local que dê suporte ao georreferenciamento de imóveis urbanos e colaborem com a gestão territorial municipal.

Das opções mais viáveis estão o Plano Topográfico Local (PTL) e um sistema de projeção cartográfico criado especificamente para Porto Alegre, o TM-POA (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2013).

Sabe-se que o sistema que melhor representa a superfície terrestre são as coordenadas geodésicas elipsoidais, ou seja, qualquer área por maior que ela seja sempre estará referida a curvatura da Terra. O uso de qualquer tipo de projeção cartográfica, mesmo o Plano Topográfico Local, sempre causará distorção e alteração no valor da área.

Com o intuito de verificar qual a área máxima em que cada sistema de projeção cartográfica se aproxima do sistema geodésico elipsoidal, e utilizando como área de estudo a região metropolitana de Porto Alegre, foi efetuada a comparação de diversas áreas partindo de um valor máximo de 10.000.000.000 m², equivalente a área máxima do PTL (ABNT, 1998) até o valor mínimo de 1 m². Estas áreas foram centradas no cruzamento do paralelo de -30°S com o meridiano -51°W, que é o meridiano central do fuso UTM que contém Porto Alegre.

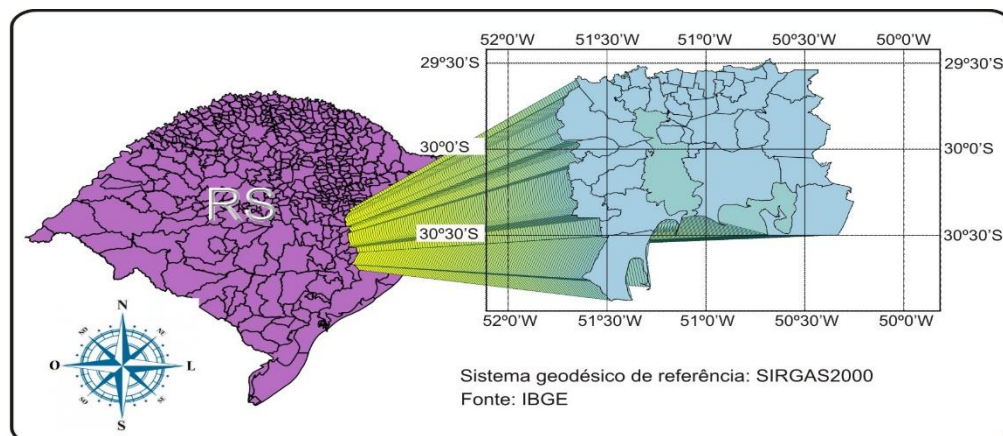
As comparações efetuadas foram entre os sistemas UTM, TM-POA e PTL com o sistema geodésico elipsoidal, levando-se em conta que o ponto de origem para quantificação das áreas está sobre o meridiano central do fuso UTM número 22, onde a distorção linear é máxima.

2 METODOLOGIA

A área de estudo situa-se na região do município de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul entre as latitudes de 29° 32'S e 30° 27'S e as longitudes 50° 28'W e 51° 31'W.

O cruzamento entre o paralelo 30°S e o meridiano central para o fuso UTM de 51°W fica no município de Alvorada.

Figura 1 – Localização da área de estudo

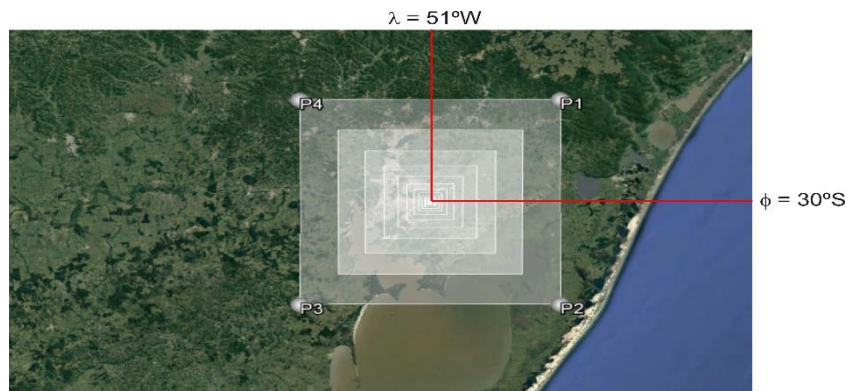


Fonte: do autor, 2018.

Para a comparação entre áreas no PTL, UTM e TM-POA com a mesma área sobre a superfície elipsoidal foi criada uma área de 10.000.000.000 m², equivalente a área máxima do plano topográfico local na região de Porto Alegre, com o centro do sistema no cruzamento do paralelo 30°S com o meridiano central do fuso UTM. Posteriormente foram criadas áreas menores, sempre a metade do valor da área anterior até se chegar ao valor mínimo de 1 m².

A figura 2 mostra a área máxima utilizada e sobreposição das demais áreas na comparação de valores superficiais.

Figura 2 – Representação das diversas áreas calculadas e sua origem.



Fonte: do autor, 2018.

Os valores dos vértices e áreas no sistema plano topográfico local foram então transformados para os sistemas TM-POA, UTM e geodésico elipsoidal.

O cálculo de área para todos os sistemas de coordenadas plano retangulares (PTL, UTM e TM-POA) foi realizado utilizando o método de Gauss seguindo as equações 1, 2 e 3 para quatro vértices.

$$A = [(X_1 \cdot Y_2) + (X_2 \cdot Y_3) + (X_3 \cdot Y_4) + (X_4 \cdot Y_1)] \quad (1)$$

$$B = [(Y_1 \cdot X_2) + (Y_2 \cdot X_3) + (Y_3 \cdot X_4) + (Y_4 \cdot X_1)] \quad (2)$$

$$\text{Área} = \frac{|A - B|}{2} \quad (3)$$

Segundo Silveira (1990), a determinação da área de um quadrilátero elipsóidico, utilizando-se as coordenadas geodésicas elipsoidais, é ilustrada pela equação 4.

$$\text{Área} = \frac{\pi \cdot b^2 \cdot \Delta\lambda}{90} \cdot (A' \cdot \sin\Delta\phi \cdot \cos\phi_m - B' \cdot \sin3\Delta\phi \cdot \cos3\phi_m + C' \cdot \sin5\Delta\phi \cdot \cos5\phi_m - D' \cdot \sin7\Delta\phi \cdot \cos7\phi_m) \quad (4)$$

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Foi observado que sempre haverá alguma distorção linear, porém, existem sistemas de projeção cartográfica, como o PTL e o TM-POA, que apresentam menor distorção para a área de estudo por aproximarem-se mais da verdadeira grandeza de valor para a área urbana.

Na tabela 1, é possível observar a diferença entre as áreas na superfície elipsóidica e nos sistemas de projeção PTL, UTM e TM-POA.

Tabela 1 – Diferença entre as áreas nos diversos sistemas

Áreas	Geodésica-UTM	Geodésica-TM-POA	Geodésica-PTL
A1	10.016.723,373	2.117.757,373	2.734.035,744
A2	3.982.044,478	32.718,428	142.149,299
A3	1.995.304,004	20.680,213	25.721,527
A4	998.727,741	11.425,616	1.528,113
A5	499.623,308	5.974,716	-2.078,530
A20	15,228	0,163	-0,177
A23	1,905	0,022	-0,020
A24	0,949	0,008	-0,013
A25	0,473	0,003	-0,007
A26	0,235	-0,002	-0,007
A27	0,118	0,001	-0,002
A28	0,058	-0,001	-0,003
A29	0,027	-0,001	-0,002
A30	0,014	-0,001	-0,001
A31	0,007	0,001	0,001

Fonte: do autor, 2018.

Pela análise da tabela que há diferenças significativas entre uma área sobre a superfície geodésica e uma área sobre as superfícies de projeção cartográfica, no entanto, a que traz maiores discrepâncias é o sistema UTM, onde há uma diferença de quase 1 m² para uma área real de 1.192,073 m² (A24).

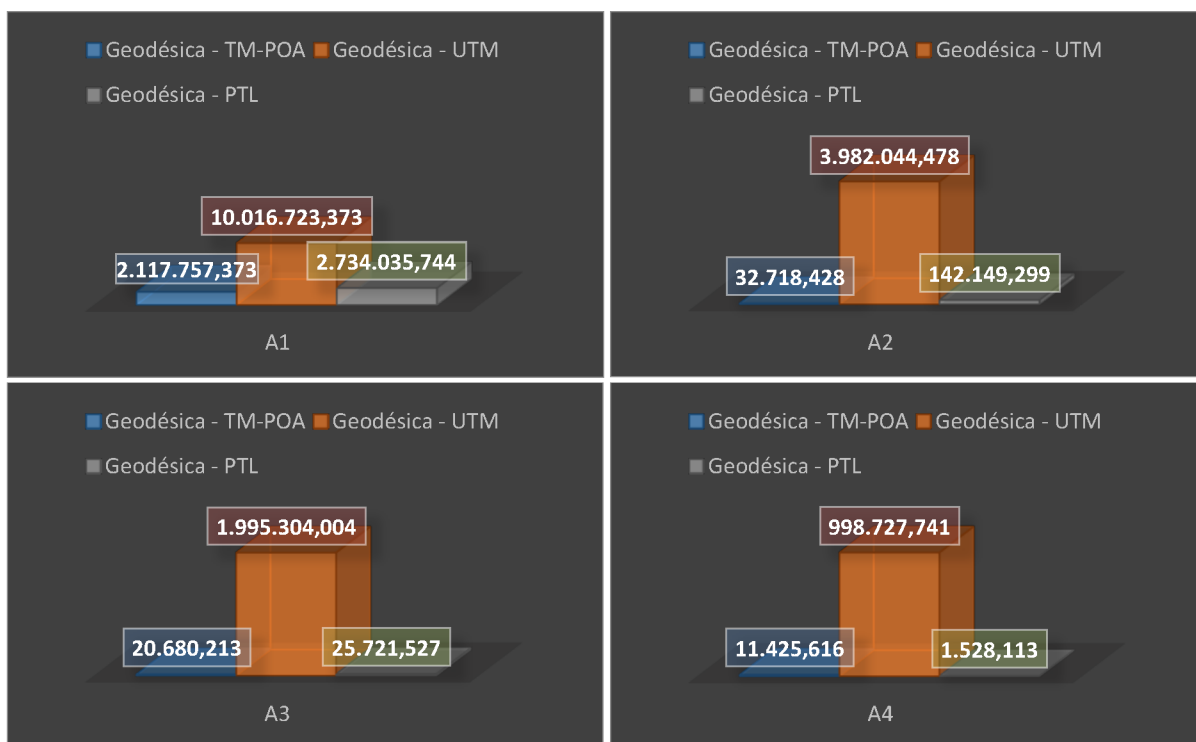
Para a mesma área A24 a diferença no PTL é de -0,013 m² e no TM-POA é de 0,008 m², isso demonstra a excelência do TM-POA em aplicações urbanas, muito próxima do PTL enquanto demonstra a inviabilidade de uso preciso de coordenadas planas UTM.

Ao nível de diferença de aproximadamente 0,01 m², o PTL e o TM-POA alcançam áreas iguais de 1.192,073 m² (A24) enquanto o sistema UTM só vai ter esta diferença a partir de áreas de 18,625 m² (A31).

Se compararmos as diferenças para uma área de aproximadamente 2 Ha por exemplo, a diferença é ainda mais óbvia, sendo o TM-POA a melhor opção com 0,163 m², seguido pelo PTL com -0,177 m². O sistema UTM tem diferença para a área geodésica de aproximadamente 15 m².

A figura 3 mostra o gráfico com as diferenças na área máxima, desde 10.000.000.000 m² até 1.250.000.000 m², percebendo-se que ocorre discrepâncias entre todos os sistemas de projeção, no entanto, o TM-POA é a melhor opção até a área de 2.500.000.000 m². A partir da área de 1.250.000.000 m², o PTL passa a ter melhores resultados.

Figura 3 – Áreas entre 10.000.000.000 m² e 1.250.000.000 m².

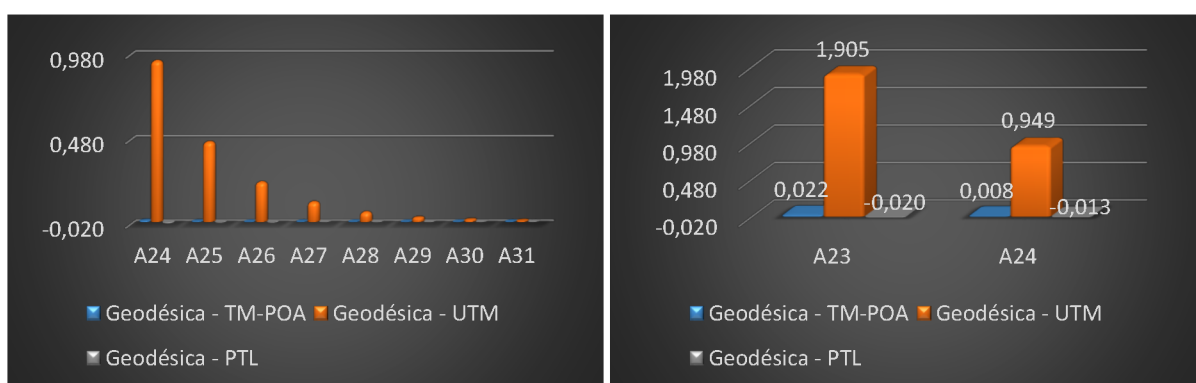


Fonte: do autor, 2018.

A partir de 625.000.000 m², a tendência do PTL é de ter valores de diferenças negativos, pois, a área do sistema geodésico é menor que no plano topográfico local. No entanto o PTL é mais próximo do sistema geodésico que a TM-POA.

O gráfico da figura 4 mostra que os sistemas TM-POA e PTL tem comportamentos similares nesta escala e que o sistema UTM continua com valores bastantes discrepantes. Os valores só se tornarão similares aos três sistemas na área 31 de 9,314m² e que a partir da área 24 de 1.192,073m², o sistema TM-POA volta a ser melhor opção que o PTL.

Figura 4 – Comportamento dos três sistemas analisados.



Fonte: do autor, 2018.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de coordenadas que melhor representa o valor de uma área sobre a superfície da Terra é o sistema geodésico elipsoidal, pois não só considera a curvatura terrestre como projeta o polígono nesta superfície, ou seja, a unidade imobiliária rural ou urbana não é verdadeiramente um polígono plano, mas se aproxima de um polígono esférico.

No entanto, é extremamente complexo utilizar o sistema e impossível representá-lo se não for por meio de um modelo reduzido (globo), sendo necessária a planificação por meio de um sistema de projeção cartográfica.

Verificou-se que o sistema UTM é inviável para aplicações de qualquer natureza, seja cartográfica, implantação de obras ou cadastro com diferenças para a área geodésica de grande amplitude. A afirmativa é corroborada quando se verifica que para uma área de 596,036 m², aproximadamente um lote urbano padrão, tem-se uma diferença de 0,473 m². Se elevarmos para uma área rural de 2 Ha teremos uma diferença de aproximadamente 15 m², ou 15,228 m² em uma área de 19.073,309 m².

Os sistemas PTL e TM-POA são muito similares e ambos podem ser utilizados para fins cadastrais e de gestão territorial na região. Nas mesmas dimensões aproximadas de um lote urbano padrão de 596,036 m² a diferença no PTL foi de -0,007 m² enquanto no TM-POA foi de 0,003 m², ou seja, mesmo o TM-POA sendo melhor as diferenças são desprezíveis. Mesmo para uma área de 19.073,309 m² a diferença foi de -0,177 m² para o PTL e de 0,163 m² para o TM-POA.

Portanto, o melhor sistema de projeção cartográfica a ser utilizado na região de Porto Alegre seria o PTL ou TM-POA, que são bastante similares.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14166**: Rede de Referência Cadastral Municipal: Procedimento. Rio de Janeiro, 1998. 23 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Noções básicas de cartografia**. Disponível em <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/representacao.html>. Acesso em: 02 jun. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Sistema cartográfico do município de Porto Alegre**: Manual de informações e orientações. Porto Alegre, 2013.

SILVEIRA, Luiz Carlos da. **Cálculos geodésicos no sistema UTM aplicados a topografia**. Morro da Fumaça: Editora Luana, 1990. 163 p.

SILVEIRA, L. **Os sistemas UTM, RTM, LTM, Gauss-Krüger e Plano Topográfico Local**. Disciplina Cartografia II. 2017. Notas de Aula. Universidade Federal do Pampa.