
SISTEMAS DE PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR NO GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS

ROBERTO NERES QUIRINO DE OLIVEIRA
DANIEL CARNEIRO DA SILVA

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Centro de Tecnologia e Geociências - Departamento de Engenharia Cartográfica
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação
Av. Acad. Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária – Recife-PE - 50740-530

roberto.oliveira@rce.incra.gov.br
danielcs@ufpe.br

RESUMO - Este artigo compara as informações métricas oriundas de feições representadas em derivações do Sistema de Projeção Transversa de Mercator (TM): LTM, RTM e UTM, através de análises de diferentes valores de área provenientes da utilização destas projeções. O objetivo é a avaliação no que diz respeito ao georreferenciamento de imóveis rurais e na confecção do produto cartográfico cadastral. Foram analisados levantamentos topográficos em imóveis localizados na Zona da Mata, no Agreste e no Sertão Pernambucano e as diferenças absolutas de áreas e suas implicações no valor financeiro da terra, importantes em casos de venda e desapropriações, relacionadas ao tipo de projeção utilizada na representação cartográfica. A projeção UTM já é normatizada e utilizada como padrão na representação da cartografia fundiária. Aplicações diretas sem levar em consideração a posição do imóvel dentro da zona TM podem resultar numa quantificação errônea das distorções.

ABSTRACT - This paper compares the information derived metrics of features represented in the system leads Projection Transverse Mercator (TM): LTM, RTM and UTM, through analysis of different values of the area from the use of these projections. The objective is the assessment with regard to the georeferencing of rural properties and in the making of cadastral cartographic product. Surveys were analyzed in real estate located in the Forest Zone, Middle and the Wilderness of Pernambuco and the absolute differences of areas and their implications for the financial value of the land, important in cases of sale and foreclosures related to the type of projection used in the cartographic representation. The UTM projection is already standardized and used as a standard representation of mapping land. Direct applications without taking into account the position of the property within the zone TM can result in erroneous quantification of the distortions.

1. INTRODUÇÃO

As atividades cartográficas no território nacional devem se inserir num sistema único - o Sistema Cartográfico Nacional - sujeito à disciplina de planos e instrumentos de caráter normativo, preceituados no decreto-lei nº 243/1967. Segundo o capítulo II em parágrafo único do referido decreto, esse sistema é constituído pelas entidades nacionais, públicas e privadas, que tenham por atribuição principal executar trabalhos cartográficos ou atividades correlatas. Considerando-se o artigo 6º do referido decreto, a representação do espaço territorial brasileiro é realizado através de cartas e de outras formas de expressão afins, no artigo 7º estabelece a Cartografia Sistemática Terrestre Básica, que tem por finalidade a representação da área terrestre nacional, através de séries de cartas gerais contínuas, homogêneas e articuladas.

Segundo o artigo 17, “os órgãos públicos, autarquias, entidades paraestatais, sociedades de economia mista e fundações que elaborarem, direta ou indiretamente, cartas para quaisquer fins, compreendidas entre as escalas de 1:1.000.000 a 1.250.000, ficam obrigados a obedecer às escalas-padrão e às normas da Cartografia Sistemática, exceto quando houver necessidade técnica”. Observa-se então que em se tratando de mapeamento básico (sistemático) existe normatização e padronização, e que o sistema de projeção cartográfica utilizado é o UTM (Universal Transversa de Mercator) nas escalas 1 : 250.000 até 1 : 25.000. Tratando-se da questão do georreferenciamento de imóveis rurais e a necessidade de representação de suas feições para fins cadastrais e de confecção da malha fundiária nacional, é adotado

o plano de projeção UTM, conforme o item 5.2 do capítulo 5 da Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais - 2ª edição/revisada.

Portanto a projeção UTM constitui o padrão que tem sido seguido pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) e outras agências do governo federal como (IBGE, IBAMA, FUNAI, etc.) para questões de regularização e desapropriação. Porém esta projeção cartográfica tem distorções de representação nas distâncias, áreas e azimutes. No caso das áreas as diferenças podem ser significativas em valores absolutos quando se trata de transações financeiras do tipo compra, venda e desapropriação. Este estudo tem como objetivo estudo de caso nas regiões da Zona da Mata, Agreste e Sertão Pernambucano para uma análise quantitativa entre as áreas demarcadas, medidas e calculadas utilizando as derivações da projeção TM (Transversa de Mercator): a projeção RTM (Regional Transversa de Mercator) e a projeção LTM (Local Transversa de Mercator) com relação à própria UTM. São analisadas as diferenças causadas pelas distorções de cada um dos tipos de projeção TM utilizado, a influência da projeção TM no custo de obtenção de um imóvel rural. Finalmente são dadas algumas sugestões que podem auxiliar trabalhos futuros, no que diz respeito à escolha de utilização de um dos três sistemas de projeção cartográfica em questão.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

A confecção e a atualização da base cartográfica fundiária nacional é de responsabilidade do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, os levantamentos topográficos realizados pela referida autarquia objetivam a identificação e caracterização dos imóveis rurais. Por força do Decreto nº 7.620 de 21 de novembro de 2011, que altera o artigo 10 do decreto nº 4.449 de 30 de outubro de 2002, que regulamenta a Lei nº 10.267 de 28 de agosto de 2001, todos os imóveis rurais do Brasil devem ter os levantamentos devem ser executados obedecendo a Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

Em processo de desapropriação de imóveis rurais para fins de reforma agrária, é importante salientar que os mesmos são adquiridos após etapas de avaliação para composição do valor total em moeda corrente a ser pago por hectare, levando em consideração diversos fatores que definem o imóvel como propriedade produtiva ou improdutiva. Neste estudo, como forma de simplificação, foi utilizado como parâmetro financeiro apenas o valor da terra nua, conforme estabelecido na planilha de valores referenciais de terras e imóveis rurais do INCRA para estado de Pernambuco.

2.1. Sistema de projeção UTM

O sistema UTM foi recomendado pela IUGG (*International Union of Geodesy and Geophysics*) para a cartografia em pequenas e médias escalas e foi adotado em 1955 para o mapeamento sistemático do Brasil.

Dentre as principais características desse sistema de projeção pode-se citar:

- A superfície de projeção é um cilindro transverso e a projeção é conforme (isto é, os ângulos são mantidos);
- A Terra é dividida em 60 fusos ou zonas de 6° de longitude. O cilindro transverso adotado como superfície de projeção assume 30 posições diferentes, já que seu eixo mantém-se sempre perpendicular ao meridiano central de cada fuso ou zona;
- Numeração dos fusos de 1 a 60, começando no anti-meridiano de Greenwich crescendo no sentido Leste;
- Aplica-se ao meridiano central de cada fuso ou zona um fator de redução de escala igual a 0,9996, para minimizar as variações de escala dentro do fuso ou zona. Como consequência existem duas linhas secantes aproximadamente retas, uma a leste e outra a oeste, distantes cerca de 1° 37' do meridiano central, cujo fator é igual a 1,0000;
- Cada um dos fusos UTM, tem origem na interseção do seu meridiano central com a linha do Equador. As coordenadas UTM destes pontos são E (Este)=500.000,00 m e N (Norte)=10.000.000,00m, para o Hemisfério Sul, e N=0,0m, para o Hemisfério Norte.
- Latitudes limites: 84 ° Norte e 80 ° Sul;
- A distorção linear é dada por: $K = K_0 / (1 - (\cos\phi_m \sin(\lambda_m - \lambda_0))^2)^{1/2}$

Onde:

$K_0 = 0,9996$ (fator de escala no meridiano central);

K = fator de escala no ponto de interesse;

ϕ_m, λ_m = latitude e longitudes médias do segmento.

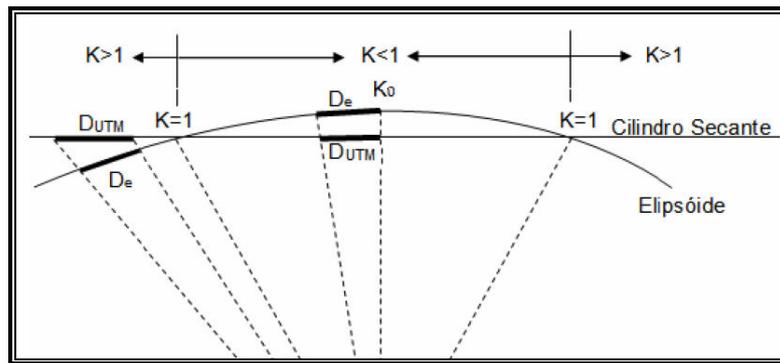


Figura 1 – Fator de escala ao longo do fuso UTM, Fonte:(França, 2006, p7).

2.2. Sistema de projeção RTM

É similar na conceituação ao sistema de projeção UTM, mas com fusos de amplitude de 2° de largura, e apresenta as seguintes características:

- Projeção conforme de Gauss (superfície de projeção cilíndrica transversa);
- Fusos de 2 graus de amplitude (180 fusos);
- Meridiano Central nas longitudes de grau ímpar;
- Fator de redução de escala no meridiano central, $K_0 = 0,999995$;
- Origem das coordenadas plano-retangulares:
 - Na interseção do plano do equador com o meridiano central do fuso;
 - $N = 0$ m para o hemisfério norte e,
 - $N = 5.000.000$ m para o hemisfério sul,
 - $E = 400.000$ m.

2.3. Sistema de projeção LTM

É similar na conceituação ao sistema de projeção UTM, mas com fusos de amplitude de 1° de largura, apresenta as seguintes características:

- Projeção conforme de Gauss (superfície de projeção cilíndrica transversa);
- Fusos de 1 grau de amplitude (360 fusos);
- Meridiano Central: na longitude referente a 30°;
- Fator de redução de escala no meridiano central, $K_0 = 0,999995$;
- Origem das coordenadas plano-retangulares:
 - Na interseção do plano do equador com o meridiano central do fuso;
 - $N = 0$ m para o hemisfério norte e,
 - $N = 5.000.000$ m para o hemisfério sul,
 - $E = 200.000$ m.

Tabela 01 – Características das TM's.

TM	Arco de Fuso	Origem	Falso Norte	Falso Este	K_0	K máximo
UTM	6°	MC e equador	10.000 Km	500 Km	0,9996	1,00097
RTM	2°	MC e equador	5.000 Km	400 Km	0,999995	1,000152
LTM	1°	MC e equador	5.000 Km	200 Km	0,999995	1,000037

Mais detalhes sobre essas projeções como fórmulas para cálculos de áreas, distâncias, azimutes, etc, podem ser encontrados no livro “Calculo Geodésicos no Sistema UTM Aplicados a Topografia, Editora Luana, Silveira, Luiz Carlos, 1ª edição, 1990, 166 p”.

3. METODOLOGIA DO ESTUDO

3.1. Áreas de estudo

Os objetos de análise foram três imóveis. Eles foram escolhidos em função de suas posições em relação aos MC das projeções a serem testadas :dois imóveis rurais medidos e demarcados para fins de certificação junto ao INCRA: um denominado Fazenda Fazendinha localizado no município de Pedra e outro, a Fazenda Cacimba Nova, localizada no município de Iguaracy, ambos no estado de Pernambuco e também uma área referente à agrovila do projeto de assentamento denominado Engenho Tabairé, no município de Catende – PE, (Figuras 02 e 03).

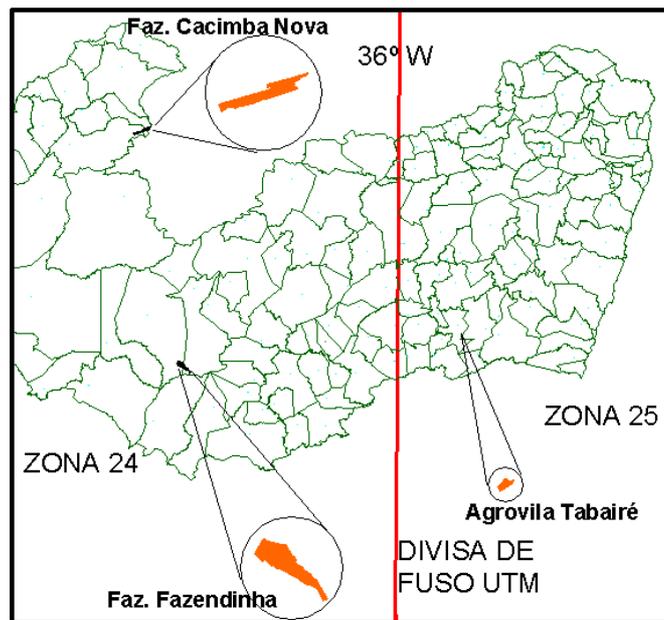


Figura 2 – Distribuição dos imóveis no estado de Pernambuco, e localização do meridiano 36° W, limite de separação do fuso 24 e o fuso 25 na projeção UTM.

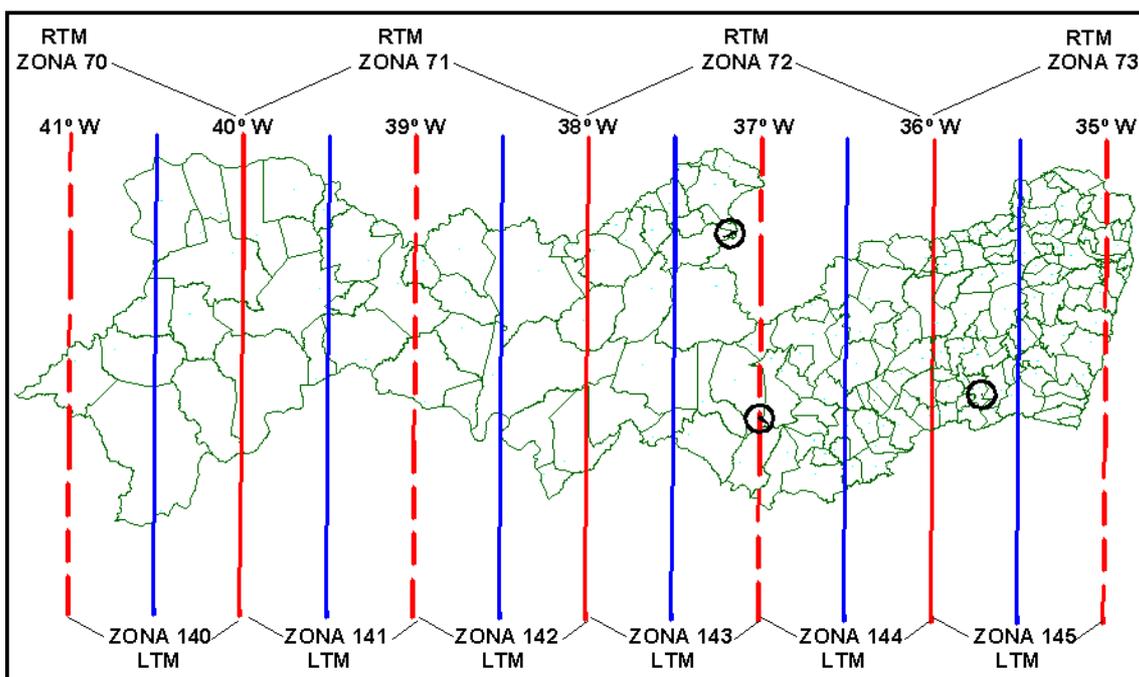


Figura 3 – Posição relativa dos imóveis (círculos) com relação aos meridianos centrais RTM e LTM no estado de Pernambuco, os meridianos centrais RTM estão representados pelas longitudes de grau ímpar, enquanto os meridianos centrais LTM, a cada 30 minutos (linhas azuis).

3.2 Procedimentos metodológicos

As coordenadas referentes aos vértices dos imóveis foram determinadas através do uso de receptores GNSS, pelo método de rastreamento estático rápido. Os parâmetros para as projeções, UTM, RTM e LTM, foram configurados no programa computacional GNSS Solutions V.3.00.07, os dados brutos de rastreamento foram processados no referido programa e as coordenadas calculadas para cada projeção TM foram exportadas para o formato DXF. Foi utilizado também o programa GeoBase 3.0.0 para transformação das coordenadas TM para o Sistema Topográfico Local

As quantidades de área e perímetro para cada imóvel nas três projeções e para o Sistema Topográfico Local foram calculadas no ambiente CAD MicroStation J V.7.

3.3. Resultados obtidos

As áreas calculadas estão descritas da tabela 2, como as TM apresentam deformações foram calculadas também as áreas no Sistema Topográfico Local (embasamento teórico e modelos matemáticos podem ser encontrados na NBR 14166 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT) sendo essa área considerada isenta de deformações.

Tabela 02 – Valores de área nas projeções TM, Sistema Topográfico Local e na matrícula no registro imobiliário (RI).

Imóvel	Área LTM (ha)	Área RTM (ha)	Área UTM (ha)	Área Sist. Top. Local	Área Registrada
Faz. Fazendinha	1242,1380	1242,0483	1242,5679	1242,2434	1195,25
Faz. Cacimba Nova	855,9423	855,9236	856,4507	856,0935	912,00
Agrovila Tabairé	6,3701	6,3709	6,3790	6,3704	-

As áreas matriculadas no registro imobiliário foram retiradas de suas respectivas certidões de registro, as quais não apresentavam nenhum parâmetro técnico (ângulos, distâncias, rumos ou azimutes) que subsidiasse a composição de seu perímetro com vistas a confirmação do valor da área, por esse motivo não foram utilizadas nas análises a seguir.

Observa pelos valores da tabela acima que a área no sistema topográfico local é mais próxima da área calculada na projeção LTM para os três imóveis rurais em questão e as maiores discrepâncias estão relacionadas as áreas em UTM.

As diferenças entre as áreas nas projeções TM e as diferença em reais (R\$) estão relacionadas na Tabela 03. O valor considerado para a terra nua está em conformidade com o estabelecido na planilha de valores referenciais de terras e imóveis rurais do INCRA para estado de Pernambuco (considerando as regiões de localização dos imóveis) como se segue:

- R\$ 1.350,00 (hum mil e trezentos e cinquenta reais) por hectare na região de localização da Agrovila Tabairé;
- R\$ 800,00 (oitocentos reais) por hectare nas regiões de localização dos outros imóveis em questão.

..

Tabela 03 –Diferença entre os valores de área nas projeções TM e diferença do valor em reais (R\$).

Imóvel	Faz. Fazendinha		
	LTM - RTM	LTM - UTM	RTM - UTM
Diferença de área (ha)	0,0897	-0,4299	-0,5196
Valor (R\$)	71,76	343,92	415,68
Imóvel	Faz. Cacimba Nova		
	LTM - RTM	LTM - UTM	RTM - UTM
Diferença de área (ha)	0,0187	-0,5084	-0,5271
Valor (R\$)	14,96	406,72	421,68
Imóvel	Agrovila Tabairé		
	LTM - RTM	LTM - UTM	RTM - UTM
Diferença de área (ha)	-0,0008	-0,0089	-0,0081
Valor (R\$)	1,08	12,02	10,94

3.4. Análise e discussão

Observa-se pelos valores encontrados na tabelas 2 que a área na projeção UTM apresenta diferença aproximadamente da ordem de 0,5 ha (meio hectare) ou 5000 m² (cinco mil metros quadrados), para mais, quando comparadas aos resultados obtidos com uso da LTM e RTM, exceto para a Agrovila Tabairé cuja área é consideravelmente menor que as outras propriedades. Um fator que pode ser importante e que não foi levado em consideração é altitude dos pontos medidos e a sua redução ao plano de projeção ao nível médio dos mares. No caso de altitudes de algumas centenas de metros o valor da diferença pode ser significativo entre o uso de LTM e UTM (FRANÇA, R & UHLMANN, W, 2007). Outro fator importante é a posição das áreas em relação ao meridiano central e às bordas dos fusos, em qualquer das projeções. Por exemplo, dentro da faixa do fuso 24 UTM (Fazendas Cacimba Nova e Fazendinha), as áreas sofreram aumento por terem transpassado o meridiano de secância em direção a borda do fuso, o mesmo acontece para a Agrovila Tabairé que se localiza nas proximidades da borda do fuso 25 UTM.

No aspecto econômico constata-se, observando a tabela 03, que o uso da LTM ou da RTM diminuiria os custos de aquisição das propriedades, salvo para o caso da Agrovila cuja área é consideravelmente menor do que a dos outros imóveis em questão. Para RTM, no caso da Fazenda Fazendinha observa-se na figura 3 que o meridiano central 37° W do fuso 72 RTM, corta o imóvel, o que teoricamente resulta numa área com menores deformações, e isto ocorre também para a Fazenda Cacimba Nova, mas não para Agrovila Tabairé, que encontra-se mais próxima do bordo. Para LTM, que teoricamente teria as menores deformações, note-se que Fazendinha e Cacimba Nova encontram-se mais próximas dos bordos e Tabairé mais próxima do meridiano central, posições que levaram as duas primeiras a terem áreas maiores que na RTM.

Sob o aspecto técnico uso da LTM ou da RTM permite representar as áreas com menores distorções, porém a projeção UTM é a utilizada, obedecendo a norma técnica de georreferenciamento de imóveis rurais, e dessa forma seria pago o maior valor em caso de desapropriação. Estes exemplos que estão em posições desfavoráveis (zonas de ampliação) dentro do fuso UTM incidem em maiores deformação nas áreas.

Existem outros vários fatores a serem considerados antes de fazer uma avaliação a respeito do uso destas projeções. Do ponto de vista técnico seria desejável usar sempre as projeções de menor distorção para representação dos imóveis tanto nas áreas rurais como nas urbanas, mas existem importantes fatores relacionados ao gerenciamento cadastral de todos os imóveis pelas autoridades públicas competentes, que resultam em áreas extensas. No caso de imóveis urbanos até é possível enquadrar a área de um município ou área urbana em um fuso de LTM ou RTM, mas no caso de imóveis rurais, para os objetivos do INCRA apenas a UTM mostra-se viável para a administração. Do ponto de vista jurídico (§ 4º do art. 20 do Código de Processo Civil e Decreto-lei 3365/41) caso as diferenças entre as áreas citadas em documento legal (Certidão de Registro Imobiliário, Escritura Pública de Compra e Venda, outros Títulos de domínio) e as reais em campo, forem menores que 5%, não devem ser objeto de questionamento e essas projeções não atingem este limite. Do ponto de vista financeiro do proprietário, no caso de desapropriações em áreas de grande valor, eventuais diferenças para menos precisam de mais estudos.

O outro aspecto relevante a considerar é a necessidade de compatibilização entre levantamentos novos com bases cartográficas pré-existentes que estejam em projeções diferentes, seja para atualização normal ou acréscimo de algum imóvel. São necessários nestes casos procedimentos adequados de campo para medição de pontos de ligação e o mais difícil: a pouca disponibilidade de programas de computador para efetuar as transformações necessárias. Neste sentido a UTM é bem conhecida e usada no Brasil ao contrário da LTM e RTM.

4. CONCLUSÕES

De modo geral as derivações da projeção TM, especialmente a RTM e a LTM, podem ser usadas em mapeamento cadastral rural e urbano. O uso dessas projeções do ponto de vista técnico minimizaria as deformações, porém ocasionaria a necessidade de submeter os dados a transformações necessárias ao cruzamento de informações com bases cartográficas pré-existentes confeccionadas normalmente em UTM. Salienta-se que a projeção definida pelo INCRA a ser utilizada para georreferenciamento é a UTM e o meio técnico brasileiro está dotada dos recursos de processamento para essa projeção.

As deformações nas áreas, devido à projeção usada, tem influência nos valores dos imóveis rurais, seja para avaliação para transações entre particulares, ou para fins de desapropriação, que percentualmente podem não ser significativos. A depender da posição do imóvel em relação ao meridiano central a área pode aumentar ou diminuir, sem necessariamente seguir a previsão teórica que a deformação de área da LTM é menor que a RTM e que esta é menor que UTM.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ pelo financiamento ao Projeto Universal Processo 477656/2009-9.

REFERÊNCIAS

DECRETO-LEI 243, de 28 de fevereiro de 1967, CÓDIGO DE PROCESSO CIVIL e DECRETO-LEI 3365/41

FRANÇA, R & UHLMANN, W, 2007, **Análise de Sistemas de Projeção Cartográfica em Rodovias de Santa Catarina**, UNISUL – Palhoça, Brasil.

KJEMS, E & KOLAR, J, 2006, **From Mapping to Virtual Geography**, Centre for 3D GeoInformation, Aalborg University, Aalborg, Denmark.

INCRA. **Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais** – 2ª edição/revisada, agosto 2010.

JÚNIOR, DMM; SANTO, MAD; LOCH, C, 2004, **Considerações Acerca de Trabalhos em Áreas de Divisa de Fusos UTM**, COBRAC, UFSC – Florianópolis, Brasil.

PHILIPS, J. **As Projeções de Gauss e as Coordenadas UTM**, Revista Eletrônica Geodésia Online, 1997.