

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ELIAS KEIVISON MOREIRA DE SOUZA

**ATUALIZAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS ANTIGAS PARA FIM DE
CADASTRO TÉCNICO URBANO POR MEIO DE APLICAÇÃO DO PLANO
TOPOGRÁFICO LOCAL**

**Itaqui-RS
2020**

ELIAS KEIVISON MOREIRA DE SOUZA

**ATUALIZAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS ANTIGAS PARA FIM DE
CADASTRO TÉCNICO URBANO POR MEIO DE APLICAÇÃO DO PLANO
TOPOGRÁFICO LOCAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientador: MSc. Marcelo Jorge de Oliveira

Coorientador: Eng. Cart. e Agrim. Aroyto Pereira de Sousa Cardoso Bacuri

**Itaqui-RS
2020**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

S729a Souza, Elias Keivison Moreira de
Atualização de bases cartográficas antigas para fim de cadastro técnico
urbano por meio de aplicação do plano topográfico local / Elias Keivison Moreira de
Souza.
35 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)- Universidade Federal do
Pampa, ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA, 2020.
"Orientação: Marcelo Jorge de Oliveira".

Título. 1. Plano Topográfico Local. 2. Base Cartográfica. 3. Cartografia. I.

ELIAS KEIVISON MOREIRA DE SOUZA

**ATUALIZAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS ANTIGAS PARA FIM DE
CADASTRO TÉCNICO URBANO POR MEIO DE APLICAÇÃO DO PLANO
TOPOGRÁFICO LOCAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 30, novembro e 2020.

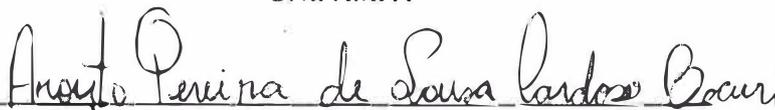
Banca examinadora:



Prof. MSc. Marcelo Jorge de Oliveira
Orientador
UNIPAMPA



Prof. MSc. Ildomar Schneider Tavares
UNIPAMPA



Eng. Cartog. e Agrim. Aroyto Pereira de Sousa Cardoso Bacuri
EMPRESA PRIVADA

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus por me proporcionar esta conquista, aos professores que sempre me apoiaram e torceram pelo meu sucesso, a todos os colegas do campus Itaquí que foram sempre apoiadores de minhas lutas, aos meus amigos de infância e aos conquistados durante minha trajetória de vida.

A minha família, minha Mãe Domingas Lélia que é gari e me ensinou olhar para tudo e para todos de maneira igualitária, me fez aprender que a educação é obtida através de oportunidades e não por conta de meritocracia como eu sempre acreditei que fosse.

Ao meu Pai Daniel Ribeiro que desde o início me pedia para optar pela caneta mais leve (que a foice e enxada eram muito pesadas), que mesmo sem falar muitas coisas me mostrou dia após dia como um homem que almeja algo grande tem que se comportar e, este comportamento tem que ser de um herói para que o sucesso chegue.

Aos meus tios: Ivair, José Maria, José Miguel e José Roberto eles sempre me falaram sobre seus sonhos de infância, hoje a nós lembramos destes sonhos e damos gargalhada de tão absurdos que parecem ser, mas estes eram sonhos lindos e verdadeiros que me nortearam a buscar os meus sonhos, afinal podemos alcançar tudo se não desistirmos.

As minhas tias: Edna, Natalia, Maria da Providencia, Maria José e Maria da Paz por cada conselho durante minha caminhada, por cada palavra de incentivo e motivação mesmo sem perceberem que estavam fazendo um grande bem ao meu coração.

Aos Meus primos e primas que infelizmente seria injusto apenas alguns e quase impossível colocar aqui todos os nomes, vocês e eu seremos o futuro da nossa grande família Moreira, então essa vitória é nossa, obrigado por tudo.

A minha Avó Maria Joaquina pelas incansáveis orações, pelas noites em claro me apresentando ao Senhor, sem suas orações eu não teria chegado até aqui Vó.

Ao Meu Avô que é sem dúvida o maior e o melhor espelho que eu poderia ter, homem que batalhou desde a infância e nos ensinou a fazer o mesmo, posso destacar seu empenho para sempre está ao meu lado em minhas lutas, obrigado vô por cada lágrima derramada nos meses de março cada vez que tinha uma despedida das férias nesses longos 5 anos longe da minha família, essas lágrimas eram o meu combustível para continuar lutando durante o resto do ano.

As minhas três imãs: Ellen Cristina, essa me ensinou a nunca baixar a cabeça a lutar sempre, me ensinou que batalhar a cada dia é preciso e que nunca poderia deixar que me falassem que não sou capaz, a Danielle que me ensinou a ser sensato e frio nos momentos mais tensos da

minha vida(nem sempre conseguir), e pra finalizar a minha casula Danivia que sempre me colocou como seu ídolo, essa admiração fez com que eu soubesse que não tinha o direito de fracassar, que eu teria que vencer sempre pra não decepcionar aqueles que me admiram, saber que existem pessoas que acreditam eu sou capaz foi sempre um gás extra em cada momento ruim que enfrentei.

E para finalizar quero agradecer as duas mulheres que se tornaram mais importantes da minha vida durante essa caminhada. A minha eterna namorada Natália de Lima Ribeiro que sempre me acompanhou na busca dos Meus Sonhos, que abriu mão dos próprios sonhos pra correr atrás dos meus sonhos comigo, que sempre acreditou que eu(com apoio de deus) resolveria as coisas, nunca reclamou da dificuldade, da falta de ter o que o comer algumas vezes, de não termos dinheiro nem pra comprar um simples pacote fraldas, falando em fraldas entra em cena o maior tesouro e minha maior conquista, Maria Valentina de Lima Moreira(dei uma parada aqui pra chorar um pouco) ela sempre percebeu quando eu não estava bem, algumas vezes me questionou o que estava acontecendo. Foi por você minha filha, foi por cada um citado acima, foi por cada amigo que acreditou em mim que eu cheguei até aqui. Obrigado!

“Você só conecta os pontos quando olha para trás. Então tem que acreditar que, de alguma forma, eles vão se conectar no futuro. Você tem que acreditar em alguma coisa – sua garra, destino, vida, karma ou o que quer que seja.”

Steve Jobs

RESUMO

A eficiência do Cadastro Técnico Urbano está totalmente vinculada à precisão da sua base cartográfica. Esta base cartográfica é montada por meio de levantamentos topográficos, geodésicos ou aerofotogramétricos e necessitam de um sistema de coordenadas e de um sistema de referência geodésico para validarem suas informações. É neste ponto que se encontram os maiores problemas, pois a medida com que os sistemas de posicionamento foram evoluindo surgiu também a necessidade de se adaptar ou modificar o sistema de referência geodésico. Estas modificações contribuíram para a redução da vida útil dos dados cartográficos de diversos municípios brasileiros devido à falta de uma atualização constante ou a dificuldade de comunicação entre os dados cartográficos. Atualmente o sistema de coordenadas adotado para mapeamento no Brasil é o UTM, no entanto, este sistema não garante a comunicação de projetos em épocas distintas e suas coordenadas mudam quando é alterado o referencial geodésico, impossibilitando a obtenção de uma única coordenada para um mesmo vértice em qualquer sistema de referência. Neste sentido, o presente trabalho tem a finalidade propor o Plano Topográfico Local (PTL) como sistema de coordenadas mais adequado para a atualização e criação de bases cartográficas, pois quando o PTL é empregado é possível garantir que esteja utilizando um sistema de coordenadas que não se altera e é imutável em áreas geologicamente estáveis devido ao seu caráter estritamente local. Caso haja uma mudança no sistema de referência geodésico do país, basta apenas que sejam ajustados os parâmetros de transformação.

Palavras-Chave: Base Cartográfica, Cartografia, PTL.

ABSTRACT

The efficiency of the Urban Technical Cadastre is totally linked to the accuracy of its cartographic base. This cartographic base is assembled by topographic, geodetic or aerophotogrammetric surveys and requires a coordinate system and a geodetic reference system to validate their information. And this is where the biggest problems lie, as the positioning systems have evolved as well as the need to adapt or modify the geodetic reference system. These modifications contributed to the obsolescence of the cartographic data of several Brazilian municipalities due to the lack of a constant update or the difficulty of communication between the cartographic data. Currently the coordinate system adopted for mapping in Brazil is the UTM, however, this system does not guarantee the communication of projects at different times and its coordinates change when the geodetic reference is changed, making it impossible to obtain a single coordinate for the same vertex in any reference system. In this sense, the present work has the purpose of presenting the Local Topographic Plan (PTL) as the most appropriate coordinate system for the updating and creation of cartographic bases, because when adopted it is possible to guarantee that a coordinate system is being used that does not change and is unchanged in geologically stable areas because of its strictly local character. If there is a change in the country's geodetic reference system, all that is required is to adjust the transformation parameters.

Keywords: Cartography, PTL, Cartographic Base,

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização do Município de Maçambará – RS.....	25
Figura 2. Vetores de deslocamento horizontal de SAD69 para um referencial geocêntrico....	28
Figura 3. Discrepâncias para um mesmo ponto em Córrego Alegre, SAD69 e SIRGAS2000 no núcleo urbano de Maçambará – RS.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coordenadas UTM geradas para os sistemas de referência SIRGAS200 e SAD69.	28
Tabela 2. Coordenadas UTM geradas para os sistemas de referência SIRGAS2000 e CÓRREGO ALEGRE.	29
Tabela 3. Coordenadas Planas Topográficas Locais geradas para os sistemas de referência SIRGAS200 e SAD69.	30
Tabela 4. Coordenadas Planas Topográficas Locais geradas para os sistemas de referência SIRGAS200 e CÓRREGO ALEGRE.	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
CTU – CADASTRO TÉCNICO URBANO
CTM – CADASTRO TÉCNICO MUNICIPAL
IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
PTL – PLANO TOPOGRÁFICO LOCAL
SAD69 – DECISION SUPPORT SYSTEMS
SGB – SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO
SIRGAS2000 – SISTEMA DE REFERÊNCIA GEOCÊNTRICO PARA AS AMÉRICAS
TM – TRANSVERSA DE MERCATOR
UTM – UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

LISTA DE SÍMBOLOS

Az – Azimute
 ϕ – Latitude
 λ – Longitude
N – Ondulação do geóide ou altura geoidal
H – Altitude ortométrica
 ξ – Componente meridiana
 η – Componente primeiro vertical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Rede de referência cadastral	16
2.2 Sistemas geodésicos de referência	16
2.2.1 Córrego Alegre.....	18
2.2.2 South American Datum 1969 (SAD 69).....	18
2.2.3 Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000)	19
2.3 Deriva continental	20
2.4 Sistema de Projeção UTM	21
2.5 Plano Topográfico Local (PTL)	21
2.6 Cadastro Técnico Multifinalitário – CTM	23
2.7 Base cartográfica	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 Equipamentos	25
3.2 Metodologia.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Segundo Araújo (2006), o espaço urbano necessita de um cadastro técnico confiável devido as variadas utilizações de sua área pela população municipal. Todavia, um dos principais problemas para a execução do Cadastro Técnico Urbano (CTU) é a falta de eficiência dos dados cartográficos.

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) passou por algumas modificações nos últimos anos quanto à mudança no referencial geodésico oficial, o que influencia diretamente nos problemas citados anteriormente.

Nos dias atuais o referencial geodésico adotado no SGB é o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000), sendo um referencial geocêntrico, o SIRGAS2000 atende e supre com eficiência tanto os padrões globais de posicionamento quanto as iniciativas de levantamentos topográficos e geodésicos visando o mapeamento do território brasileiro e também do continente americano.

No entanto, o SGB passou por várias atualizações quanto ao sistema geodésico de referência até a adoção do SIRGAS2000. De acordo com o IBGE (2010), historicamente o Brasil adotou antes do referencial atual os seguintes Data: Córrego Alegre 1961, Córrego Alegre 1970+1972, SAD 69 e SAD 69/96.

Estas atualizações se constituem numa ferramenta de total relevância já que os continentes estão em movimento (deriva continental) e seus deslocamentos causam a degradação posicional dos referenciais geodésicos.

Este processo de atualização não visa somente a precisão no que diz respeito a aquisição de dados georreferenciados para a criação de bases cartográficas, mas também a atualização dos dados cartográficos para a implementação de projetos em obras civis e de mineração.

Silva e Oliveira (2011), afirmam que um sistema de referência global está baseado num sistema elipsóidico global e relacionado ao elipsóide de referência que melhor representa a geometria da terra como um todo. Segundo eles com o passar dos anos, vários elipsoides de referência foram adotados, sendo substituídos por outros que proporcionassem parâmetros mais precisos.

Desta forma, visando a atualização dos dados cartográficos no Brasil, o IBGE instituiu em fevereiro de 2005, conforme publicação da resolução 01/2005, a adoção do SIRGAS2000, com a data de 25 de fevereiro de 2015 para término do período de transição para sua adoção.

É importante ressaltar que ao término deste período todos os documentos cartográficos e bases cadastrais geradas em outros referenciais geodésicos deveriam estar atualizados, ou seja,

vinculados ao SGB em virtude da adoção dos novos parâmetros, garantindo a operacionalidade e continuidade de projetos finalizados ou em andamento, no entanto, tem-se outra realidade pois as prefeituras não conseguiram atualizar suas bases cartográficas, o que implica negativamente nos processos de planejamento das máquinas administrativas municipais.

A transição para o referencial utilizado atualmente no país, de acordo Dalazoana e Freitas (2002), provocará a alteração de todas as coordenadas que materializam o SGB. A alteração média no contexto nacional é de aproximadamente 65m em relação ao SAD 69 (realização 1996), afetando as cartas em escala maior a 1:250.000.

Este é um fato importante a se considerar, pois muitos profissionais não compreendem as implicações e nem os erros que podem ser cometidos quando implementam seus projetos negligenciando os parâmetros (coeficiente de deformação de escala(k)) provenientes da mudança do referencial geodésico.

Desta forma todas as coordenadas acabam mudando devido a sua variabilidade, fato perfeitamente notado quando se observa as coordenadas derivadas da projeção Transversa de Mercator (TM).

Chuerubim, Furtado e Oliveira (2017), ressaltam que a falta de profissionais capacitados a realizar um levantamento georreferenciado eficaz no corpo técnico das prefeituras municipais brasileiras, bem como a falta de integração entre registros e cadastros físicos, dificultam à execução do CTU pelos municípios.

Uma das principais finalidades do cadastro técnico é o de possibilitar aos municípios o conhecimento do seu território no que diz respeito as dimensões e o delineamento da superfície em sua extensão total, a área urbana e todas as parcelas que a constituem, por meio da aplicação dos diversos métodos de levantamentos.

Todos os levantamentos de campo são empregados com a finalidade de gerar dados precisos para a criação da base cartográfica, que será o elemento fundamental para a implementação do CTU e, devido a sua importância esta base deve ser continuamente atualizada e obedecer rigor na exatidão cartográfica, pois embasara todos os projetos no município.

De acordo com Gama, Seixas e Souza (2012), no Cadastro Imobiliário Brasileiro, as informações sobre limites e feições dos imóveis, na maioria das situações, são derivadas de dois tipos de levantamentos: topográficos e fotogramétricos, ambos com características próprias.

Com a mudança do referencial geodésico houve-se a necessidade da migração dos dados destas bases cartográficas para o referencial geodésico atual e vários problemas surgiram. O

principal deles é a desatualização das bases cartográficas municipais devido à falta de compatibilidade entre dados provenientes de épocas distintas.

Atualmente o Sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) é o sistema de representação cartográfica adotada pelo Sistema Cartográfico Brasileiro conforme a NBR 14166 (ABNT, 1998), e pelo CTM para o mapeamento do território nacional, segundo a Portaria 511 do Ministério das Cidades (2009), até que seja definida uma projeção específica.

No entanto, o sistema UTM é variável, ou seja, as suas coordenadas se alteram quando se ajustam os parâmetros do referencial geodésico oficial, não garantindo a integração dos dados cartográficos, dificultando a criação de projetos de engenharia.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar o Plano Topográfico Local (PTL) como a solução para a criação de bases cartográficas definitivas podendo ser utilizados para fins projetuais em qualquer época a partir de qualquer sistema de referência geodésico. Isto é, possível com o PTL devido a sua invariabilidade em áreas geologicamente estáveis, ou seja, suas coordenadas não se alteram com o tempo por ser um sistema de coordenadas estritamente local, garantindo a integração de dados cartográficos gerados em diferentes épocas. O trabalho ainda se ocupa em apresentar as variações das coordenadas de um mesmo projeto no sistema UTM para diferentes referenciais geodésicos, mostrando a sua variabilidade e a falta de integração entre dados de épocas distintas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) pode ter como definição um conjunto de pontos geodésicos implantados em uma fração da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país (DE AGUIAR; CAMARGO; GALO, 2002), em outras palavras, é o sistema ao qual estão referenciadas todas as informações espaciais no Brasil (IBGE, 2001).

Com a evolução do SGB e a recente mudança no sistema de referência brasileiro muitos usuários foram afetados principalmente, os profissionais responsáveis por disponibilizar dados cartográficos e geodésicos. Todos os órgãos cartográficos no Brasil tiveram que adotar estes novos parâmetros no intuito de adequar os seus produtos.

Logo, o processo de transição entre os diferentes referenciais deveria ter sido realizado de modo consistente e controlado, procurando antever problemas e indicar possíveis soluções para os mesmos conforme apontam Dalazoana e Freitas (2002), o que de fato não ocorreu, e a maioria dos produtos cartográficos gerados anteriormente e durante o processo de transição continuam desatualizados, o que impacta diretamente no elemento principal do CTM, que é a base cartográfica, uma vez que a mesma se encontra desatualizada e sua aplicação inviável devido à redução da vida útil dos dados, e todos os projetos implantados por meio da mesma, principalmente os de finalidade tributária, descumprem a finalidade do CTM, causando a defasagem no sistema tributário municipal.

2.1 Rede de referência cadastral

Podemos ter como definição de rede de referência cadastral um sistema de apoio básico de âmbito municipal para todos os serviços que se destinam a projetos, cadastros ou implantação e gerenciamento de obras, sendo constituída por pontos de coordenadas planialtimétricas, materializados no terreno, referenciados a uma única origem (Sistema Geodésico Brasileiro - SGB), conforme especifica a NBR14.166 (ABNT, 1998).

2.2 Sistemas geodésicos de referência

O processo de estimativa das coordenadas dos pontos físicos com respeito a definição de um determinado referencial é acompanhado pelo cálculo de uma rede que relaciona os pontos levantados conforme as especificações do IBGE (1996). Ainda, conforme o IBGE, o resultado estabelecido através de um ajustamento de observações é um conjunto de valores de

coordenadas para as estações que constituem a materialização do sistema geodésico de referência. Usualmente, é comum adotar uma única denominação para definição e materialização do sistema, como é o caso do SAD69, deste modo, vários ajustamentos de redes geodésicas podem ser realizados em um mesmo referencial definido com diferentes injunções, ou os mesmos dados podem ser ajustados com respeito a várias definições.

Os sistemas de referência são utilizados para descrever de um único modo as posições de objetos. Em atividades ligadas às ciências cartográficas, quando é necessário definir a posição de um determinado objeto na superfície da Terra, são utilizados os sistemas de referência geodésicos (AGUIAR; CAMARGO; GALO, 2002). Os mesmos autores ainda ressaltam que, além dos sistemas de referência geodésicos, as informações posicionais podem ser apresentadas em um sistema de coordenadas plano retangulares, associados a uma determinada projeção cartográfica.

De acordo com o IBGE (1997), historicamente, antes das técnicas espaciais de posicionamento, os referenciais geodésicos, conhecidos pela denominação de “datum astro-geodésico horizontal” – DGH eram obtidos por meio das seguintes etapas:

- Primeiramente era escolhido um sólido geométrico (elipsóide de revolução), cujos parâmetros definidores são o achatamento (f) e semi-eixo maior (a);
- Na segunda etapa era definido o posicionamento e a orientação do referencial, feita através de seis parâmetros topocêntricos (as duas coordenadas do ponto origem, a orientação por meio do azimute inicial, a separação geóide-elipsóide por meio da ondulação geoidal e as componentes meridiana e do primeiro vertical do desvio da vertical (VANICEK; KRAKIWSKY, 1986).
- Na última etapa, a realização (ou materialização) do referencial é feita através do cálculo de coordenadas dos pontos a partir de observações geodésicas de distâncias, ângulos e azimutes, ou seja, observações de origem terrestre.

Conforme já mencionado, o SGB sofreu várias modificações no que diz respeito à mudança no referencial geodésico e, principalmente na rede planimétrica em função das necessidades que se apresentaram com o passar das épocas.

Anterior a era dos computadores, estes ajustes eram feitos com calculadoras mecânicas ou até mesmo fazendo uso da tábua de logaritmos. Um dos ajustamentos de importância realizados nesta época foi o que definiu o sistema Córrego Alegre, adotando-se o método das equações de condições ou método dos correlatos (IBGE, 1996).

2.2.1 Córrego Alegre

A escolha do vértice Córrego Alegre como datum, bem como do elipsóide internacional de Hayford para superfície matemática de referência, foram baseadas em determinações astronômicas realizadas na implantação da cadeia de triangulação em Santa Catarina (IBGE, 1996).

Verificou-se na ocasião, que os desvios da vertical na região tinham uma tendência para o leste, ou seja, constatando uma maior concentração de massas a oeste e deficiência das mesmas a leste, concluindo que o ponto datum a ser escolhido ficaria melhor situado em uma região de planalto.

O posicionamento e a orientação no ponto datum Córrego Alegre (próximo à cidade de Frutal – MG) foram efetuados astronomicamente (IBGE, 1996), e diferente do SIRGAS2000, o mesmo é um sistema de característica topocêntrica, ou seja, está referenciado a um ponto materializado sobre a superfície física terrestre.

Foram adotados os seguintes parâmetros na definição deste Sistema:

- Superfície de referência: Elipsóide Internacional de Hayford 1924:
 - Semi-eixo maior: 6.378.388 m;
 - achatamento: 1/297.·.
- Ponto Datum: Vértice Córrego Alegre:
 - $\phi = - 19^{\circ} 50' 14,91''$;
 - $\lambda = - 48^{\circ} 57' 41,98''$;
 - H = 683,81 m.·.
- Orientação elipsóide-geóide no ponto datum:
 - $\xi = \eta = 0$ (componentes do desvio da vertical);
 - N = 0 metros (ondulação geoidal).

2.2.2 South American Datum 1969 (SAD 69)

Antes da determinação dos parâmetros do SAD69 e sua consolidação, estabeleceu-se o sistema Astro Datum Chuá, com ponto origem no vértice Chuá e como elipsóide de referência o internacional de Hayford, segundo a técnica de posicionamento astronômico com o propósito de ser um ensaio ou referência para a definição do SAD69 (IBGE, 1996).

O SAD69 é um sistema geodésico regional de concepção clássica e topocêntrico. A sua utilização pelos países sul americanos foi recomendada em 1969 através da aprovação do relatório final do Grupo de Trabalho sobre o datum sul americano, pelo comitê de geodésia reunido na XI Reunião pan-americana de consulta sobre cartografia, recomendação não seguida pela totalidade dos países do continente. Apenas em 1979 ele foi oficialmente adotado como sistema de referência para trabalhos geodésicos e cartográficos desenvolvidos em território brasileiro (IBGE, 1996).

Os seguintes parâmetros foram adotados na definição deste Sistema:

- Superfície de referência: Elipsóide Internacional de 1967 (UGGI67):

- Semi-eixo maior: 6.378.160 m;
- achatamento: 1/298,25.

- Ponto datum: Vértice Chuá:

$$\phi = -19^{\circ} 45' 41,6527'';$$

$$\lambda = -48^{\circ} 06' 04,0639'';$$

$$Az \text{ (Chuá – Uberaba)} = 271^{\circ} 30' 04,05'';$$

$$H: 763,28 \text{ m.}$$

- Orientação elipsóide – geóide no ponto datum:

$$- \xi = 0,31'';$$

$$- \eta = -3,52'';$$

$$- N = 0 \text{ m}$$

2.2.3 Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000)

Como o objetivo dos levantamentos por satélite é localizar pontos na superfície da Terra, é preciso ter uma certa rede de referência terrestre que permita relacionar os pontos fisicamente à Terra. A rede de referência usada para isso é a do sistema de coordenadas geocêntricas (GHILANI, WOLF e RAJU, 2002).

De acordo com Monico (2007), quanto ao sistema de referência utilizado pelo sistema de posicionamento global GPS e adotado para o GNSS, o *World Geodetic System* (WGS84), sua origem é o centro de massa da Terra, com os eixos cartesianos X , Y e Z definidos de forma idêntica aos do *Conventional Terrestrial Reference System* – Sistema de Referência Terrestre Convencional (CTRS), o elipsoide de referência é o WGS84, sendo um elipsoide de revolução

geocêntrico, que em nível prático coincide com o *Geocentric Reference System* – Sistema de referência geocêntrico 1980 (GRS 80).

E em relação ao SIRGAS2000, o IBGE (2000), afirma que atualmente o WGS84 pode ser considerado, para fins práticos, coincidente com o SIRGAS2000. Portanto, basta o usuário referir seus resultados ao SIRGAS2000 que, automaticamente, estará gerando resultados em WGS 84 (e vice-versa).

Desta forma pode-se inferir que os parâmetros do SIRGAS2000 são:

- Superfície de referência: elipsoide GRS80:
 - Semi-eixo maior: 6.378.137 m;
 - achatamento: 1/298,2572221.

2.3 Deriva continental

A deriva continental ou movimentação dos continentes é um dos fatores que mais degradam os referenciais geodésicos de um país. Em países próximos ao encontro de placas tectônicas a necessidade de atualização do Sistema Geodésico de Referência (SGR) é constante, principalmente após grandes movimentações, que gerem terremotos e alterem a topografia da superfície física da Terra no local.

Com o avanço das técnicas de posicionamento geodésico após o advento dos sistemas GNSS, pôde-se observar que a precisão de determinação de coordenadas melhorou de forma substancial.

As coordenadas obtidas por meio das observações disponibilizadas pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC) de acordo com IBGE, são determinadas com precisão milimétrica e com este nível de precisão diversos fenômenos associados a movimentos da crosta terrestre, antes imperceptíveis, passam a ser claramente detectáveis.

De acordo com Celino, Marques e Leite (2003), a Teoria da Deriva dos Continentes congrega grande número de conhecimentos relativos a isostasia e a radioatividade, indo ao encontro de soluções para diversos problemas. O mesmo instituto afirma que no caso do Brasil, o fenômeno que mais contribui para a alteração das coordenadas planimétricas (latitude e longitude) é o movimento da placa tectônica da América do Sul, responsável por um deslocamento de todo o território para noroeste em um pouco mais de 1 cm por ano.

Foi devido à realização de alguns estudos em virtude do contínuo monitoramento deste fenômeno que se sentiu, de acordo com IBGE, a necessidade de se associar uma época de

referência às coordenadas de estações geodésicas determinadas com precisão milimétrica (ou centimétrica).

2.4 Sistema de Projeção UTM

É o sistema de representação cartográfica adotada pelo Sistema Cartográfico Brasileiro, e de acordo com Cintra (1993), é o que se emprega com maior frequência nos trabalhos científicos e particularmente nos mapas e plantas topográficas utilizados nos projetos de engenharia. É válido ressaltar que, quando da mudança no referencial geodésico o mesmo não assegura a manutenção dos valores das coordenadas.

É definido como um caso particular da Projeção Transversa de Mercator (TM), sendo uma projeção conforme, ou seja, mantém os ângulos com mínimas distorções e tende a manter a forma de pequenas áreas, porém deforma distâncias lineares e o valor de grandes áreas (ELMIRO, 2012).

2.5 Plano Topográfico Local (PTL)

A NBR14.166 (ABNT, 1998), trata o PTL como um sistema de representação em planta, das posições dos pontos de um levantamento topográfico em relação a uma origem de coordenadas geodésicas conhecidas. Neste sistema, todos os ângulos e distâncias das operações topográficas da determinação dos pontos do levantamento topográfico, são pressupostos como projetados em verdadeira grandeza sobre o plano tangente à superfície de referência (elipsóide de referência) do sistema geodésico adotado, na origem, cujas coordenadas geodésicas são conhecidas.

A mesma norma ainda disponibiliza as equações necessárias para a criação do PTL, e o define como sendo uma superfície formada pelas tangentes, no ponto origem do Sistema Topográfico, ao meridiano deste ponto e à linha geodésica normal a este meridiano.

Cabe ressaltar, que é possível realizar a transformação para o PTL por outros métodos, inclusive partindo das coordenadas UTM, no entanto, as equações existentes usam as coordenadas geodésicas para a conversão, conforme se pode observar nas equações reproduzidas abaixo (equação 1 à equação 18).

$$X_p = 150\,000 + x_p \quad (1)$$

$$Y_p = 250\,000 + y_p \quad (2)$$

$$X_p = -\Delta\lambda^1 \cos\varphi_p N_p \operatorname{arc}1'' \times c \quad (3)$$

$$Y_p \frac{1}{B} \left[\Delta\varphi_1 + Cx_p^2 + D(\Delta\varphi_1)^2 + E(\Delta\varphi_1)x_p^2 + ECx_p^4 \right] \times c \quad (4)$$

$$\Delta\lambda = \lambda_p - \lambda_0 \quad (5)$$

$$\Delta\varphi = \varphi_p - \varphi_0 \quad (6)$$

$$\Delta\lambda_1 = \Delta\lambda'' \left[1 - 3,9173 \times 10^{-12} (\Delta\lambda'')^2 \right] \quad (7)$$

$$\Delta\varphi_1 = \Delta\varphi'' \left[1 - 3,9173 \times 10^{-12} (\Delta\varphi'')^2 \right] \quad (8)$$

$$B = \frac{1}{M_0 \operatorname{arc}1''} \quad (9)$$

$$C = \frac{\tan\varphi_0}{2M_0 N_0 \operatorname{arc}1''} \quad (10)$$

$$D = \frac{3e^2 \sin\varphi_0 \cos\varphi_0 \operatorname{arc}1''}{2(1-e^2 \sin^2\varphi_0)} \quad (11)$$

$$E = \frac{1+3\tan\varphi_0}{6N_0^2} \quad (12)$$

$$c = \frac{R_0 + H_t}{R_0} \quad (13)$$

$$R_0 = \sqrt{M_0 \times N_0} \quad (14)$$

$$M_0 = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2\varphi_0)^{3/2}} \quad (15)$$

$$N_0 = \frac{a}{(1-e^2 \sin^2\varphi_0)^{1/2}} \quad (16)$$

$$N_p = \frac{a}{(1-e^2 \sin^2\varphi_p)^{1/2}} \quad (17)$$

$$e = \left(\frac{a^2 + b^2}{a^2} \right)^{1/2} = [f(2-f)]^{1/2} \quad (18)$$

onde:

M_0 é o raio de curvatura da seção meridiana do elipsóide de referência em P_0 (origem do sistema);

N_0 é o raio de curvatura da seção normal ao plano meridiano do elipsóide de referência em P_0 ;

N_p é o raio de curvatura da seção normal ao plano meridiano do elipsóide de referência em P;
c é o fator de elevação;
a é o semi-eixo maior do elipsóide de referência;
b é o semi-eixo menor do elipsóide de referência;
e é a primeira excentricidade do elipsóide de referência;
f é o achatamento do elipsóide de referência;
Ht é a altitude ortométrica média do terreno ou altitude do plano topográfico local.

2.6 Cadastro Técnico Multifinalitário – CTM

A implantação do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) é um processo complexo que envolve ações administrativas, legais e técnicas, consideradas inviáveis para municípios com pouca disponibilidade de recursos financeiros e pessoal capacitado (PIMENTEL; CARNEIRO, 2012b).

O Cadastro territorial como ferramenta de apoio ao processo de gestão de municípios vem contribuindo a vários setores da sociedade, quanto as questões associadas a planejamento urbano e rural, questões tributárias e ambientais, acarretando de forma geral, o desenvolvimento sustentável do município contribuindo para o desenvolvimento econômico e social de cada município (CHUERUBIM; et al., 2017a).

Loch (1998) complementa afirmando que, o Cadastro Técnico Multifinalitário é uma área de pesquisa interdisciplinar, que envolve conhecimentos desde as medidas cartográficas até o nível do imóvel, a legislação que rege a ocupação do solo, bem como uma avaliação rigorosa da melhor forma de ocupação deste espaço para se obter o desenvolvimento racional da área. Desta forma percebe-se que o Cadastro Técnico somente será Multifinalitário se o conjunto de medidas disponíveis for suficiente para atender a múltiplos usuários.

Quando adotado pelos Municípios brasileiros de acordo com a Portaria n.º 511/2009 do ministério das cidades, o CTM corresponderá ao inventário territorial oficial e sistemático do município e será embasado no levantamento dos limites de cada parcela, que recebe uma identificação numérica inequívoca. A parcela cadastral é a menor unidade do cadastro, definida como uma parte contínua da superfície terrestre com regime jurídico único. É considerada parcela cadastral toda e qualquer porção da superfície no município a ser cadastrada.

2.7 Base cartográfica

A Base Cartográfica é constituída por dois elementos básicos: a rede de pontos de referência, que é o alicerce do Sistema Cartográfico, e a carta base que varia em escala e tipo, de acordo com os objetivos a que se destinam (LOCH, 1993).

Pode ser definida de maneira mais simplista como qualquer representação gráfica, que através de símbolos representa a superfície terrestre, que pode ser desde um croqui, até mapeamentos por processos computacionais (RECH et al., 1997).

É de fundamental importância que a base cartográfica seja consistente para qualquer mapeamento temático. As exigências da base cartográfica são funções diretas da escala do mapeamento, ficando claro que não resolve mostrar alto nível de detalhamento sem que o mesmo apresente consistência geométrica e conseqüente acurácia (RECH et al., 1997).

Em termos de acurácia, Riebold (1990) acrescenta que a qualidade da base deve ser compatível com a sua finalidade de trabalho, ou seja, com o tipo de trabalho que será executado com ela, as informações que deverá conter e a acurácia de tais informações.

Respeitando estes princípios, a carta ou o mapa passam a ser importantes fontes numéricas para qualquer tipo de planejamento ou mesmo para a implementação de projetos de infraestrutura urbana e regional (CAUVIN & RIMBERT, 1976).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo deste trabalho é o município de Maçambará situado no estado do Rio Grande do Sul, tendo sua posição central definida pelas coordenadas geodésicas $29^{\circ}08'46,65''$ S de Latitude e $56^{\circ}03'58,89''$ W de Longitude, tendo como referência geodésica o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000). O município tem a população estimada de 4.814 habitantes, conforme o IBGE (2010) e pode ser observado seus limites na figura 1.

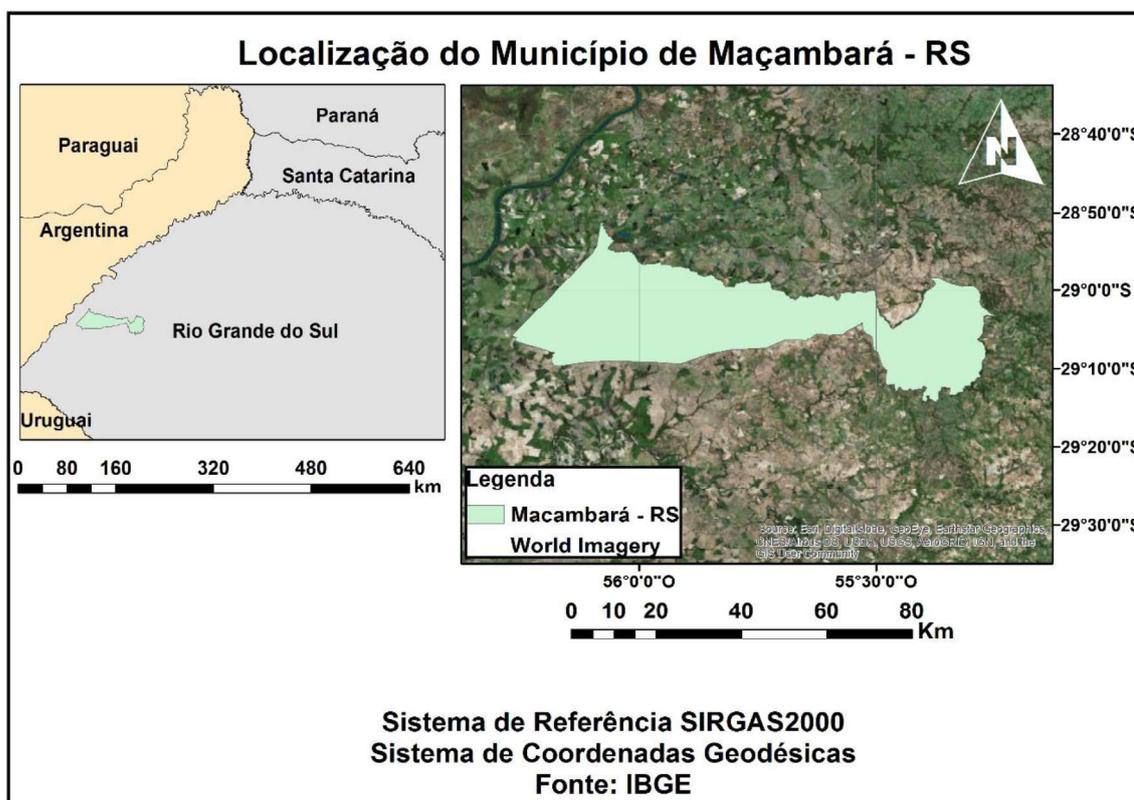


Figura 1. Mapa de localização do Município de Maçambará – RS

Fonte: Do Autor

3.1 Equipamentos

Para os levantamentos topográficos foram utilizadas estações totais marca Nikon, modelo NPL632 com precisão angular de $2''$ e precisão linear de $\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ vezes a distância linear, além de estações totais marca Foif, modelo OTS655-R500, com precisão angular de $5''$ e precisão linear de $\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ vezes a distância linear.

Os rastreios para a homologação dos pilares geodésicos, e para o transporte de coordenadas dos demais vértices da rede de referência cadastral, foram utilizados receptores GNSS marca Ashtech, modelo Promark500, dupla frequência, com precisão nominal de $\pm (3 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$ vezes a linha de base.

3.2 Metodologia

Para a realização deste trabalho usaram-se os dados geodésicos obtidos via rastreio dos sinais *GNSS* e levantamentos topográficos por métodos clássicos de poligonação de parte do núcleo urbano de Maçambará-RS. Os mesmos são provenientes do Projeto GeoMaçambará que é composto por alunos e professores da Universidade Federal do Pampa.

Após o levantamento e o processamento dos dados de campo importou-se os pontos no sistema de coordenadas planas UTM em SIRGAS2000 para o *software AutoCAD*, onde foram desenhadas todas as feições levantadas, exportando-se para uma planilha do *Excel* todos os pontos do desenho por meio do comando do *AutoCAD data extraction*.

Com o auxílio do aplicativo Transfgeo foram efetuadas as transformações entre os sistemas geodésicos, usando como referência a projeção cartográfica UTM referenciada ao SIRGAS2000.

Todas as coordenadas foram convertidas para os sistemas SAD69 e Córrego Alegre, obtendo vértices nos três sistemas de referência geodésicos principais adotados no Brasil.

Foram efetuadas as conversões dos pontos em UTM de cada sistema de referência para o sistema plano topográfico local para aferir as diferenças nas coordenadas atuais.

Após as transformações, foram efetuadas as análises. Como a parcela do núcleo urbana já havia sido desenhada no *software AutoCAD* para o sistema UTM em SIRGAS2000 por membros do Projeto GeoMaçambará, importou-se a mesma em formato *.dxf* para a *software QGIS*, sendo usada como parâmetro para verificação do posicionamento permitindo a visualização gráfica dos deslocamentos e, juntamente com as feições no sistema UTM, foram importadas as coordenadas UTM obtidas para os outros dois referenciais geodésicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças obtidas para o deslocamento entre SIRGAS2000 e SAD69/96 neste trabalho conforme a Figura 3. Confirmam as afirmações de Dalazoana e Freitas (2002), pois os autores asseguram que a mudança realizada entre os referenciais geodésicos mencionados provocará a alteração de todas as coordenadas que materializam o SGB em aproximadamente 65 m.

O IBGE (2000), salienta que tais diferenças ocorrem pelo fato de serem sistemas de concepção diferente. Enquanto a definição/orientação do Córrego Alegre/SAD69 é topocêntrica, ou seja, o ponto de origem e orientação está na superfície terrestre, a definição/orientação do SIRGAS2000 é geocêntrica. E complementa que o SIRGAS2000 adota um referencial que tem a origem dos seus três eixos cartesianos localizados no centro de massa da Terra.

Além disso, as redes de referência que materializam esses sistemas foram determinadas com técnicas de posicionamento diferentes. Enquanto que no caso do Córrego Alegre e SAD69 foram utilizadas basicamente técnicas clássicas (triangulação e poligonação), no SIRGAS2000 foram empregados os sistemas globais de navegação (posicionamento) por satélites - GNSS.

Ainda, sobre o deslocamento dos pontos de acordo com o IBGE (2000), é possível avaliar que horizontalmente, a resultante das diferenças de coordenadas entre o sistema local SAD69, adotado no Brasil e os sistemas geocêntricos são, em média, de aproximadamente 65 metros ao longo do Brasil, na direção nordeste, conforme apresentado na Figura 2.

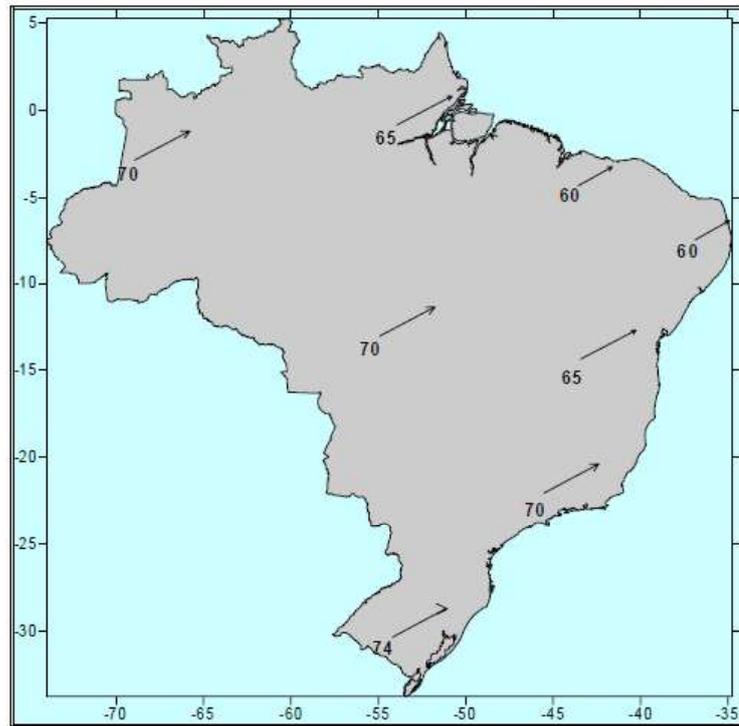


Figura 2. Vetores de deslocamento horizontal de SAD69 para um referencial geocêntrico.

Fonte: IBGE

Desta forma, as tabelas 1 e 2 apresentam os valores das coordenadas obtidas para o Sistema UTM, mudando-se os referenciais geodésicos. Foram utilizados os vértices topográficos que serviram de apoio aos levantamentos na área urbana de Maçambará.

Tabela 1. Coordenadas UTM geradas para os sistemas de referência SIRGAS2000 e SAD69.

PONTOS	SIRGAS2000		SAD69/96	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
P1	590.588,396	6.775.515,360	590.642,838	6.775.556,503
P2	590.614,042	6.775.506,263	590.668,484	6.775.547,406
P3	590.580,563	6.775.517,377	590.635,005	6.775.558,520
P4	590.578,439	6.775.509,058	590.632,881	6.775.550,201
P5	590.577,412	6.775.518,208	590.631,854	6.775.559,351

Fonte: Do Autor

Onde;

E – Leste

N – Norte

m – metros

Tabela 2. Coordenadas UTM geradas para os sistemas de referência SIRGAS2000 e CÓRREGO ALEGRE.

PONTOS	SIRGAS2000		CÓRREGO ALEGRE	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
P1	590588,396	6775515,360	590669,659	6775518,207
P2	590614,042	6775506,263	590695,305	6775509,110
P3	590580,563	6775517,377	590661,826	6775520,225
P4	590578,439	6775509,058	590659,702	6775511,905
P5	590577,412	6775518,208	590658,676	6775521,055

Fonte: Do Autor

Como a translação é homogênea, ou seja, o deslocamento é idêntico para todos os pontos, ou ainda, as coordenadas dos pontos em virtude da mudança do referencial geodésico se alteram todas nas mesmas proporções, foi possível obter o deslocamento entre os pontos, calculando-se a distância euclidiana entre os mesmos, conforme abaixo:

- SIRGAS2000 para SAD69/96 = 68,240 m;
- SIRGAS2000 para Córrego Alegre = 81,313 m.

A figura 3 representa o deslocamento gerado por estas coordenadas quando estes postos são projetados sobre a área de estudo.

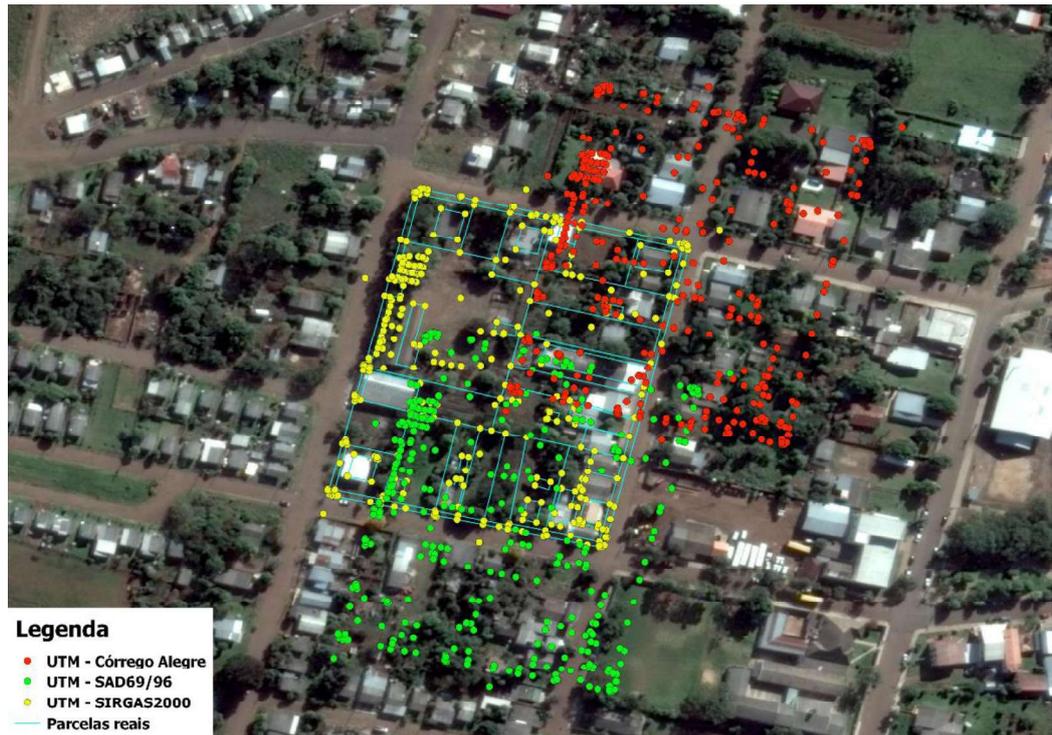


Figura 3. Deslocamento para um mesmo ponto em Córrego Alegre, SAD69 e SIRGAS2000 no núcleo urbano de Maçambará – RS.

Fonte: Do Autor

No entanto, no que diz respeito a adoção do sistema topográfico local como solução para fins de criação de bases cartográficas visando a sua integração entre dados de épocas distintas da atual, que é o SIRGAS2000, foram obtidas precisões submilimétricas quando da transformação entre os referenciais geodésicos, conforme as tabelas a seguir, ou seja, as coordenadas no plano topográfico local serão sempre as mesmas, independente de referencial geodésico ou época de referência.

Tabela 3. Coordenadas Planas Topográficas Locais geradas para os sistemas de referência SIRGAS200 e SAD69.

PONTOS	SIRGAS2000		SAD69	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
P1	150.000,000	250.000,000	150.000,000	250.000,000
P2	150.025,725	249.991,104	150.025,725	249.991,104
P3	149.992,149	250.001,956	149.992,149	250.001,955
P4	149.990,090	249.993,617	149.990,090	249.993,617
P5	149.988,990	250.002,762	149.988,991	250.002,762

Fonte: Do Autor

Onde;

X – Abscissa

Y – Ordenada

m – Metros

Tabela 4. Coordenadas Planas Topográficas Locais geradas para os sistemas de referência SIRGAS2000 e CÓRREGO ALEGRE.

PONTOS	SIRGAS2000		CÓRREGO ALEGRE	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
P1	150.000,000	250.000,000	150.000,000	250.000,000
P2	150.025,725	249.991,104	150.025,725	249.991,104
P3	149.992,149	250.001,956	149.992,149	250.001,956
P4	149.990,090	249.993,617	149.990,090	249.993,617
P5	149.988,990	250.002,762	149.988,991	250.002,762

Fonte: Do Autor

Pode-se, desta forma, inferir em virtude das precisões obtidas que as coordenadas não se alteram, mesmo mudando-se os referenciais geodésicos, o que garante total intercâmbio entre projetos de engenharias realizados em épocas distintas utilizando-se referenciais geodésicos diferentes.

Todos os sistemas de coordenadas planas apresentam diversas considerações quanto ao seu emprego e que em nenhuma hipótese deverão ser negligenciadas para aplicação prática em implantação de obras civis. É possível perceber com o auxílio da figura 3 que as coordenadas de um determinado vértice no sistema UTM mudam quando se altera ou reajusta o sistema geodésico de referência, sendo impossível obter para cada sistema geodésico uma única coordenada associada ao mesmo ponto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que seja possível trabalhar com obras civis e principalmente a criação de um CTM, por meio de uma base cartográfica desatualizada ou cujas coordenadas foram determinadas em referenciais geodésicos de épocas distintas, é necessário apenas que seja criado um PTL (na fase exploratória e de implantação da rede de referência física – marcos) por meio da conversão das coordenadas e dos referenciais geodésicos em que o projeto se encontra, podendo-se assegurar que os valores lineares estejam sempre o mais próximo do valor real devido a sua invariabilidade.

Portanto, para uma melhoria considerável no que diz respeito ao sistema de informações territoriais do País, é de fundamental importância o incentivo de metodologias que garantam o intercâmbio entre os dados municipais, garantindo um sistema de coordenadas definitivo, assegurando que as unidades imobiliárias que são os principais alvos de tributação quando da implementação do CTM, sejam mensuradas em seu valor real garantindo uma cobrança justa e uma arrecadação coerente.

E ainda, assegurar que com a adoção de um sistema de coordenadas invariável para áreas geologicamente estáveis, o CTM possa quebrar o paradigma de que o mesmo é somente um instrumento de cobrança de impostos, e seja usado para atender a todas as necessidades impostas pelos municípios, podendo formular uma visão nacional também no cadastro urbano, mantendo-o descentralizado, garantindo uma revisão na legislação municipal revisando-se o sistema de cobrança atualizando a planta genérica de valores, explorando novas metodologias de atendimento aos usuários dos mais diversos setores e ainda definir padrões dos produtos cadastrais, bem como a cartografia e os diversos tipos de dados.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, V. L. F. **Diagnóstico do problema do cadastro técnico urbano no município de Paranaguá – perspectivas de solução**. Monografia apresentada à Disciplina de Projeto Final como requisito parcial à conclusão do Curso de Engenharia Cartográfica, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.166: Rede de Referência Cadastral Municipal–Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.

CAUVIN, Colette; RIMBERT, Sylvie. **La lecture numérique des cartes thématiques**. Éditions Uniersitaires de Fribourg, 1976.

CINTRA, Jorge P. Sistema UTM. **EPUSP, Apostila**, 1993.

CELINO, Joil José; MARQUES, EC de L.; LEITE, Osmário Rezende. Da Deriva dos Continentes a Teoria da Tectônica de Placas: uma abordagem epistemológica da construção do conhecimento geológico, suas contribuições e importância didática. **Geo. br**, v. 1, p. 1-23, 2003.

CHUERUBIM, Maria Lígia; FURTADO, Daiana Barcelos; DE OLIVEIRA LÁZARO, Bruno. CADASTRO TERRITORIAL NO BRASIL: CONTEXTUALIZAÇÃO, PANORAMA ATUAL E POLÍTICA CADASTRAL NO PAÍS. **INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797)**, v. 4, n. 1, p. 73-85, 2017.

DA SILVA, Antônio José Prata Amado; DE OLIVEIRA, Marcelo Tuler. Fatos atuais em sistemas de referências na Geodésia e o projeto Sirgas. **Educação & Tecnologia**, v. 2, n. 2, 2011.

DALAZOANA, Regiane; DE FREITAS, Sílvio Rogério Correia. Efeitos na cartografia devido a evolução do Sistema Geodésico Brasileiro e adoção de um referencial geocêntrico. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 54, 2002.

DA SILVA PIMENTEL, Junívio; CARNEIRO, Andrea Flávia Tenório. Cadastro territorial multifinalitário em município de pequeno porte de acordo com os conceitos da portaria n. 511 do ministério das cidades. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64 ESP. 1, 2012.

DA SILVA PIMENTEL, Junívio. Estruturação das bases para um cadastro territorial multifinalitário em município de pequeno porte. 2011.

DE AGUIAR, Claudinei Rodrigues; CAMARGO, Paulo De Oliveira; GALO, Mauricio. Transformação de coordenadas e datum com propagação de covariâncias. **Anais do Simpósio Brasileiro de Geomática, Presidente Prudente-SP**, p. 9-13.

ELMIRO, M. A. T. Curso de fundamentos de cartografia matemática e geodésica. **UFMG, MG, Brasil**, 2012.

FORTES, Luiz Paulo Souto. SIRGAS: O Sistema de Referência para o novo milênio. **I SEMINÁRIO SOBRE REFERENCIAL GEOCÊNTRICO NO BRASIL**, 2000.

GAMA, Luciene Ferreira; DE SEIXAS, Andréa; DE SOUZA, Angela Maria Barbosa. Implantação e análise de estruturas geodésicas planimétricas obtidas por GPS e estação total: aplicações em levantamentos cadastrais urbanos. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64 ESP. 1, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ajustamento da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro - Relatório**, Rio de Janeiro, 1996.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA & ESTATÍSTICA – 1997 – SIRGAS Relatório Final – Grupos de Trabalho I e II. Departamento de Geodésia, Rio de Janeiro, 99pp.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA & ESTATÍSTICA – 2000 – Projeto mudança no Referencial Geodésico – Informativo Geocêntrico ANO 1 – nº 1. Departamento de Geodésia, Rio de Janeiro, 8p.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

LOCH, C. **Cadastro técnico rural multifinalitário como base à organização espacial do uso da terra a nível de propriedade rural.** Thesis (PhD), 1993.

LOCH, Carlos. Modernização do poder público municipal. In: **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário.** 1998.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Portaria n.º 511 de 07 de dezembro de 2009.** Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros.

_____. Ministério da Fazenda. **Projeto CIATA - Manual do Cadastro Imobiliário.** 1980.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações.** Editora Unesp, 2007.

R. PR – 1/2005, Resolução do Presidente do IBGE N° 1/2005 – Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro – www.ibge.gov.br (acessado em 02/08/2007).

RIEBOLD, V. Base Cartográfica. **1º Seminário Paranaense de Cadastro Técnico e Planejamento Municipal, Anais, Curitiba,** 1990.

RECH, Jânio Vicente et al. Base cartográfica digital comum para concessionárias de serviços públicos e prefeituras municipais, utilizando-se SIG (Sistemas de Informações Geográficas). 1997.

WOLF, Paul R.; GHILANI, Charles D. **Elementary surveying: An introduction to geomatics.** Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002.

VANICEK, P.; KRAKIWSKY, E. Geodesy: The Concepts, 697 pp. 1986.