

DIFERENÇA ATUAL E HISTÓRICA DE DATA ENTRE BRASIL E PORTUGAL E SUAS MOTIVAÇÕES

Augusto Pedro Stefanon¹
Sérgio Florêncio de Souza²
Eufémia Da Glória Rodrigues Patrício³

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura
augusto.stefanon@ufrgs.com

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Geociências Professor do Departamento de Geodésia
sergio.florencio@ufrgs.br

³Instituto Politécnico da Guarda - Professora na Escola Superior de Tecnologia e Gestão
gpatricio@ipg.pt

RESUMO

Atualmente, cada um dos cinco grandes continentes do planeta Terra possui o próprio Datum Geodésico, procurando minimizar diferenças entre o Geoide e o Elipsoide em cada uma dessas regiões. Estando os Data Planimétricos mais ou menos uniformizados em cada continente, o problema de maior relevância e diferença continental e internacional são os Data Altimétricos, pois cada país possui o próprio nível médio das águas do mar como referência. Existem, no entanto, modelos globais de geoide, resultantes de modelos geopotenciais globais, como o EGM2008, que apresentam globalmente precisões até 10 cm. No caso concreto deste estudo são exemplos de Data Geodésicos: o SIRGAS2000 para as Américas, sendo que na América do Norte é usado o NAD83 e o ETRS89 para a Europa. Estes Data, utilizados por todos os países da região, usam um sistema de projeção adaptado a cada país de maneira a tornar mínimas as diferenças no Sistema de Referência usados. Abordando as semelhanças e diferenças nas áreas geográficas em estudo, Brasil e Portugal, é possível comparar aspectos físicos e matemáticos relevantes para o estabelecimento dos Sistemas de Referência em cada país. Atualmente são oficiais o Sistema de Referência SIRGAS2000 e o PT-TM06 ETRS89, no Brasil e em Portugal respectivamente. Associados a esses Sistemas de Referência estão modelos geoidais locais, como o MAPGEO2015 e o hgeoHNOR, utilizado no Brasil e baseado em altitudes ortométricas e normais e o modelo gravimétrico GEODPT08, usado em Portugal de altitude ortométrica. Historicamente ambos os países utilizaram Data Geodésicos Topocêntricos, com fixação do elipsoide por meio de observações astronômicas e redes de triangulação geodésicas nacionais, com algumas disparidades quanto à rotação dos sistemas projetados de coordenadas.

Palavras chaves: Geodésia, Brasil, Portugal, Datum, SIRGAS2000, PT-TM06ETRS.

1. INTRODUÇÃO

Brasil e Portugal, dois países de língua portuguesa, com histórias conectadas apresentam diferentes abordagens no contexto da Geodésia, tais como: a Definição de Datum, os Sistema de Referência e os Sistemas Projetados de Coordenadas. De maneira antagônica, Brasil e Portugal possuem dimensões completamente distintas. Enquanto o primeiro possui 39°1'28" de distância entre os extremos Norte e Sul e 39° 13' 38" entre Leste e Oeste, o segundo tem 5°11'37" e, 3°18'40" respectivamente. Em termos de área, Portugal tem dimensões equivalentes a uma pequena unidade federativa brasileira, como Estado de Santa Catarina com 92.152 km². Não custa lembrar que o território brasileiro possui 1.559.146,876 km². Frente a tamanha diferença, é esperado que ocorram importantes mudanças, pois o nível de complexidade matemática aumenta conforme o objetivo e tamanho da área de

interesse. (GASPAR, 2005).

A respeito dos Data geodésicos, classificados em Planimétricos e Altimétricos, estes podem ser Locais, Regionais ou Globais. Atualmente, através de muito desenvolvimento científico, lógico e matemático, utilizam-se Data Globais geocêntricos, com rigorosa determinação de elipsoides e demais parâmetros relevantes para o posicionamento correto, cuja tecnologia atual exige e possibilita. Entretanto, até recentemente, pela complexibilidade de determinação global, eram utilizados Data locais ou regionais. Os Data Locais empregavam o conceito de Data topocêntricos, onde o elipsoide tangencia o geoide em um ponto de maneira que as coordenadas astronômicas sejam iguais as coordenadas geodésicas, e por consequência, o desvio da vertical é nulo. Alguns Data utilizavam um ponto de tangência junto de vértices de ajuste, de maneira que o ponto Datum não possuísse desvio 0°, mas um valor próximo disto, como por

exemplo o de Potsdam, na Alemanha (ED 50).

Em Data globais, são utilizadas inúmeras estações geodésicas contínuas distribuídas em todos os continentes para melhor ajuste do elipsoide de referência escolhido. Para Data altimétricos, a classificação é semelhante, onde um Datum Local utilizado na maioria dos trabalhos atualmente, é baseado em apenas um marégrafo oficial, utilizando demais marégrafos para ajuste de rede, além de associar-se a modelo geoidal local, caso do MAPGEO2015 e o GEOFPT08 para o Brasil e Portugal respectivamente. Data Regionais baseiam-se em múltiplos marégrafos e outras fontes de altimetria – um exemplo é a EUROGAUGE. Em Data altimétricos globais, são utilizadas múltiplas fontes, com destaque para modelos geoidais como o Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). (CASACA; MATOS; DIAS, 2005). Cada tipo de Data, em geral, é definido e posteriormente realizado/materializado por organizações de diferentes níveis. Os Data Locais e alguns regionais são da responsabilidade de órgãos nacionais competentes, como por exemplo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Brasil e a Direção-Geral do Território (DGT) em Portugal. Os Data Globais são realizados pelo *International Earth Rotation and Reference System Service* (IERS). São exemplos de Data Locais em Portugal o Datum 73, com ponto de tangência no vértice geodésico (V.G.) de Melriça, com ondulação geoidal máxima cerca de 3,5 metros; e o Datum *South American Datum 1969* (SAD69), no Brasil, com ponto de tangência no Vértice Chuá-Minas Gerais, com ondulação geoidal entre -30 e 15 metros. Utilizam os elipsoides de Hayford e o *Geodetic Reference System 1967* (GRS67) respectivamente e atualmente não são considerados os Data oficiais destes países.

2. INTERNATIONAL EARTH ROTATION AND REFERENCE SYSTEM SERVICE (IERS) E O EUROPEAN TERRESTRIAL REFERENCE SYSTEM (ETRS)

O ITRS é o Sistema de Referência Terrestre Internacional, proposto e concebido pelo IERS. A materialização deste sistema de referência é realizada pelos quadros de referência, constituídos por estações *Global Navigation System* (GNSS) e *Very Long Baseline Interferometry* (VLBI), tornando real o modelo proposto e permitindo sua utilização. O reference frame (quadro de referência) associado ao ITRS é chamado de *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF). As estações que compõem o ITRF possuem sua posição (X, Y, Z) e velocidade com precisão centimétrica, e são determinadas através de diferentes métodos. O ITRF tem sua atualização realizada em determinados intervalos de tempo, onde são atualizadas as coordenadas das estações existentes e também materializadas novas estações. Estas atualizações são necessárias devido à tectônica de placas e à geodinâmica do planeta terra, que faz com que ocorra movimentação das estações. Os Data Geodésicos Globais não sendo completamente fixos, podem ser tratados como uma rede maleável, podendo ser

melhorada a qualidade do ajustamento das estações.

Entretanto, para os países da Europa não foi possível a implementação do ITRS devido a movimentação anual média de 2,5 centímetros ao ano da posição das estações, Fig. 2, (EUREF, 2021). Como citado anteriormente, periodicamente é corrigida a posição das estações devido à tectônica de placas, mas a magnitude do deslocamento é tanta, que é inviável corrigi-la anualmente. Para contornar este problema, a *International Association of Geodesy* (IAG) criou a subcomissão, EUREF, para estabelecer uma rede de referência global europeia. Desta, foram concebidos o ETRS e o *European Terrestrial Reference Frame* (ETRF) de maneira análoga ao ITRS e ITRF respectivamente. Para basear este novo sistema, ETRS, foram utilizadas as estações europeias do ITRF, com exatidão de posição para os parâmetros desejados, no ano de 1989, sendo atribuído então o nome de ETRS89 ao sistema de referência. Além de utilizar estas estações, as que se encontravam na parte mais estática da placa euroasiática apresentavam menor velocidade e deslocamento e foram fixadas em espaço-tempo, enquanto aquelas da parte menos estável foram deixadas livres, e portanto, variam com o tempo. (Fig. 2)

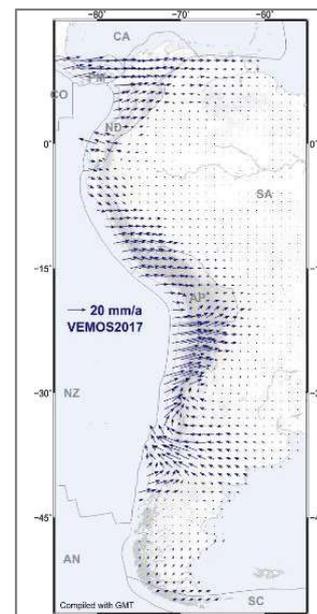


Fig. 1 - Modelo de velocidade para SIRGAS. Fonte: DREWES; SÁNCHEZ, 2020 e SÁNCHEZ; DREWES, 2020

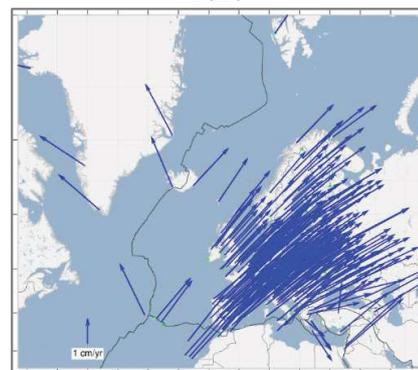


Fig. 2 - Velocidades da EUREF com base no ITRF. Fonte: ALTAMIMI et al., 2017 e EPNCN

3. DATA DO BRASIL E DE PORTUGAL

Visto que há diferenças na própria concepção dos sistemas de referência, por consequência há distinção entre os produtos destes. Para definir o Datum, é preciso adotar uma forma geométrica que seja a simplificação do Geoide, que é a superfície equipotencial de nível 0 (W_0) equivalente ao nível médio da água dos oceanos em repouso. A figura geométrica adotada é um elipsoide de revolução, com dois semieixos de diferentes dimensões, rotacionado no menor eixo. Como ambos os *frames* e *reference systems* são oriundos da IAG, é adotado o elipsoide determinado por essa Associação para Data Globais, principalmente aqueles que seguem os sistemas de referência internacional e europeu. Tais sistemas devem utilizar no Datum oficial o elipsoide *Geodetic Reference System 1980* (GRS80), com o intuito de facilitar a transformação de Datum entre diferentes países.

Uma vez que ambos possuem o mesmo elipsoide de referência, devemos destacar a diferença nos cálculos nos parâmetros de transformação que podem variar até 7 parâmetros, sendo entre eles: três Rotações, três translações e uma escala.

Atualmente é utilizado no Brasil o Sistema Internacional de Referência Geodésico para as Américas (SIRGAS2000), e em Portugal o Portugal – Transversa de Mercator 2006 ETRS89 (PT-TM06ETRS89), baseados no ITRS e ETRS89 respectivamente. Nesta etapa, é chamada atenção para o prefixo PT-TM06, referente ao Datum ETRS89 de Portugal, esta denominação indica diferente configuração. A principal diferença, entre o Datum adotado por Portugal e pelo oficial da Europa é referente ao deslocamento dos meridianos e paralelos origem do sistema de coordenadas. Para que o ETRS89 pudesse ser utilizado em Portugal como Datum Local, foi definido um novo Ponto Central, que coincide com a origem das coordenadas cartográficas. Essa mudança de ponto central, é motivada por haver maior proximidade de coordenadas com os diferentes sistemas anteriores portugueses e facilidade na transformação entre Data necessárias.

Tal deslocamento posiciona a origem das coordenadas cartográficas próxima do V.G. Melriça, localizada no centro geométrico do país.

4. PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA E SISTEMA DE COORDENADAS

Associados a uma componente física, Datum, podem incidir diferentes componentes matemáticas. Ou seja sobre um mesmo Datum, é possível que ocorram distintas projeções e sistema de coordenadas, a depender do propósito e da escala de mapeamento utilizada. É neste momento, que a extensão territorial de cada país entra em cena, pois ao representar a superfície terrestre em um modelo plano, ocorrem diversas distorções, que a depender da projeção e das suas propriedades, são amplamente afetadas pela extensão e escala a ser representado.

Mesmo dentro de um mesmo país, ao verificar o mapeamento sistemático de referência, é notável a

mudança de sistemas de coordenadas projetado, para adequar a representação desejada. No Brasil, é utilizada a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), em escalas maiores que 250000, além de muitas outras variando a finalidade. Já em Portugal, é utilizada majoritariamente a projeção de Gauss-Krüger.



Fig. 3 - Velocidades do EUREF relativas à placa euroasiática. Fonte: ALTAMIMI et al., 2017; EPNCN

A projeção UTM, é cilíndrica transversa secante conforme. Por se tratar de uma projeção secante, existem dois paralelos de distorção nula, de maneira que a distorção no centro do fuso, de coeficiente de distorção mínima (K_0) é igual a 0,9996, e máxima próximo dos limites laterais. Por possuir grande distorções em funções das distâncias, é necessário dividir a superfície da Terra em 60 fusos de 6° de longitude. A origem desta projeção é a interseção do meridiano central do fuso com o equador. Para que as coordenadas cartográficas fiquem positivas em todo o fuso é aplicado uma falsa origem deslocando o meridiano central 500000 metros para Este e o equador 10.000.000 metros para sul. O Brasil abrange as zonas 18 a 25 sul e 19 a 22 norte, totalizando 12 fusos diferentes.

A projeção de Gauss-Krüger, que apresenta algumas semelhanças e diferenças em relação à utilizada no Brasil, é recomendada para locais de menor extensão longitudinal, caso de Portugal, com $3^\circ 18' 40''$, de maneira que está contido em um único fuso expandido da projeção de Gauss. Sobre o comportamento das distorções cartográficas, o meridiano de tangencia, que coincide com o Ponto Central do Datum, possui a distorção nula. As deformações são mínimas mesmo nos extremos laterais (GASPAR, 2005). Já a falsa origem adotada nesta projeção é única e constante para todo o território, posicionada sobre a origem do próprio Datum. A respeito da unidade de medida e sua orientação, é utilizado o metro, sendo o eixo da Meridiana (M) e o eixo da Perpendicular (P) referente à ordenada e à abscissa respectivamente.

5. MUDANÇAS HISTÓRICAS DE DATUM

Visto as principais diferenças entre os Sistemas de Referência atuais de ambos países, é possível analisar de forma breve as mudanças históricas de Datum e de projeções cartográficas de cada país.

Em meados de 1950, foi definido no Brasil, o primeiro Datum Local, chamado de Córrego-Alegre, e orientado o elipsoide de Hayford 1924 sob o V.G. Córrego-Alegre da rede de triangulação geodésica clássica, através de observações astronômicas, adotando-se nullos os desvios da vertical e ondulação geoidal nesse vértice. Anterior à tecnologia *Global Positioning System* (GPS), foi oficializado em 1979 o SAD69, através da densificação da rede de triangulação geodésica extensa no país, com elipsoide de Hayford 1969, mas foi apenas em 1994 que se efetuou o reajustamento da rede geodésica utilizando técnicas de posicionamento por satélite (GPS). O Datum SAD 69 foi utilizado simultaneamente com o SIRGAS2000 durante dez anos, ficando completamente obsoleto a partir de 2015, (BORGES et al., 2017).

Em 1993, foi iniciado o projeto SIRGAS 2000, com o intuito de estabelecer um sistema de referência geocêntrico para a América do Sul, que utilizou o elipsoide GRS80 e o ITRF94, fixado na época 1995,4. Este moderno sistema, permite a compatibilização com outros SR's, como *World Geodetic System* 1984 (WGS84), utilizado no posicionamento com GPS.

Em Portugal, além das mudanças normais que ocorrem devido ao desenvolvimento científico, ocorreu um caso especial num dos primeiros sistemas de projeção utilizados no final do Séc. 19, o Bessel-Bonne Datum Lisboa. Este possuía um sistema de eixos coordenados invertido, com uma rotação de 180° dos eixos coordenados M e P, em relação ao atual, de maneira que o círculo trigonométrico ficava invertido. Tal mudança foi feita para que a capital, Lisboa, estivesse no primeiro quadrante, com valores de M e P

positivos. Esta diferença não perdurou e ao substituir pelo sistema de projeção Hayford-Gauss, também chamado de Datum Lisboa, foi modificada tal orientação (Fig. 4). Posteriormente o Datum 73, também associado à projeção de Gauss e elipsoide de Hayford, manteve o ponto central com translação do ponto origem das coordenadas cartográficas de 180,598 e -86,99 em M e P respectivamente. Atualmente ambos estão obsoletos sendo substituídos pelo PT-TM06ETRS89, (DGT, 2023).

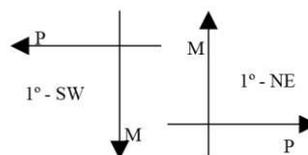


Fig. 4: Orientação dos Eixos Datum Lisboa: Bessel-Bonne (esq.) e Hayford-Gauss (dir.)

Na tabela 1 são apresentadas as principais diferenças entre os Data, Sistema de Referência, Projeção e Coordenadas Cartográficas, entre os dois países, tanto atualmente quanto no passado.

6. CONCLUSÃO

Mesmo com diferenças, é notado desenvolvimento semelhante em Data Geodésicos e Projeção entre os dois países com o objetivo de acompanhar as evoluções técnico científicas ocasionadas pelas tecnologias GNSS, gravimétricas e computacionais. As épocas de conceituação, definição, materialização e oficialização de data são relativamente próximas, mesmo com tamanha diferença de extensão areal, visando utilizar S.R. mais modernos para garantir maior exatidão de suas redes geodésicas e cada vez mais adequados para projetos de engenharia e outras aplicações onde a georreferenciação é importante.

TABELA 1 - HISTÓRICO DE SISTEMAS DE REFERÊNCIA LUSO-BRASILEIROS

País	Datum	Tipo de Datum	Elipsoide	Fixação do Elipsoide	Projeção	Ponto central (Projeção)	Falsa Origem (m)	Ano
Br	SIRGAS 2000	Global	GRS80	-	UTM	-	10.000.000N 500.000 E	2005- Atual
Br	SAD69	Local	Hayford	Chuí	UTM	-	10.000.000N 500.000 E	1979- 2015
Br	Córrego-Alegre	Local	Hayford	Córrego-Alegre	UTM	-	10.000.000N 500.000 E	1949- 1979
Pt	PT-TM06 ETRS89	Global	GRS80	-	Transversa de Mercator	$\phi: 39^{\circ}40'05''$, 73N $\lambda: 08^{\circ}07'59''$, 19W	dM: 0 dP: 0	1989- Atual
Pt	Datum 73	Local	Hayford	Melriça	Gauss-Krüger	$\phi: 39^{\circ}40'00''$ N $\lambda: 08^{\circ}07'54,862''$ W	dM: +180,598 dP: -86,990	1970-
Pt	Datum Lisboa	Local	Hayford	Castelo São Jorge	Gauss-Krüger	$\phi: 39^{\circ}40'00''$ N $\lambda: 08^{\circ}07'54,862''$ W	dM: 0 dP: 0	1880- 1970
Pt	Datum Lisboa	Local	Bessel	Castelo São Jorge	Cônica equivalente de Bonne	$\phi: 39^{\circ}40'00''$ N $\lambda: 08^{\circ}07'54,862''$ W	dM: 0 dP: 0	1863- 1880

Fonte: BORGES et al., 2017 e DGT, 2023

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTAMIMI, Z. et al. ITRF2014 plate motion model. **Geophysical Journal International**, v. 209, n. 3, p. 1906–1912, 1 jun. 2017.

BORGES, A. F. et al. Sistemas geodésicos de referência adotados no Brasil e a conversão dos dados geográficos para o sistema oficial SIRGAS2000: transformações e avaliação de erros. **Revista Geografias**, v. 12, n. 1, p. 45–63, 27 jan. 2017.

DGT. **Sistemas de Referência | Direção Geral do Território**. Disponível em: <<https://www.dgterritorio.gov.pt/geodesia/sistemas-referencia>>. Acesso em: 18 nov. 2023.

DREWES, H.; SÁNCHEZ, L. **Velocity model for SIRGAS 2017: VEMOS2017**. PANGAEA, , 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1594/PANGAEA.912350>>

EPNCN. **EUREF Permanent GNSS Network**. Disponível em: <http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coordinates/po_svel_map.php>. Acesso em: 30 out. 2023.

EUREF. **Euref - European Geodetic reference Systems**. Disponível em: <http://www.euref.eu/euref_egrs.html>. Acesso em: 13 out. 2023.

GASPAR, J. ALVES. **Cartas e projecções cartográficas**. 3. ed. [s.l.] Lidel, 2005.

SÁNCHEZ, L.; DREWES, H. Geodetic Monitoring of the Variable Surface Deformation in Latin America. Em: **International Association of Geodesy Symposia**. [s.l.] Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2020. v. 152p. 197–208.