



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DISCIPLINA GEOMÁTICA II- 2016/02

**FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE
GEOTECNOLOGIAS
MÓDULO 01 – ELEMENTOS DE CARTOGRAFIA**

AULA 03- SISTEMAS DE COORDENADAS

AUTORES:
DR. ALEXANDRE ROSA DOS SANTOS
Ma. KAÍSE BARBOSA DE SOUZA
Ma. ROSANE GOMES DA SILVA

Alegre- ES
Agosto de 2016

CAPÍTULO 3- SISTEMAS DE COORDENADAS

SUMÁRIO

1. DEFINIÇÕES	3
2. SISTEMAS DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS.....	Erro! Indicador não definido.
2.1 Cálculo das Coordenadas Geográficas.....	4
3. SISTEMAS DE COORDENADAS PLANAS	Erro! Indicador não definido.
3.1 Breve resumo sobre Sistemas de Projeção.....	7
3.2 Sistema Universal Transversa Mercator.....	8
4. SISTEMAS DE COORDENADAS TRIDIMENSIONAIS	9
5. FUSOS HORÁRIOS.....	Erro! Indicador não definido.0
5.1 Cálculo da Hora Civil.....	12
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

1. DEFINIÇÕES

Os sistemas de coordenadas são necessários para expressar a posição de pontos sobre uma superfície, seja ela um elipsóide, esfera ou um plano. É com base em determinados sistemas de coordenadas que descrevemos geometricamente a superfície terrestre.

O sistema de coordenadas permite definir a localização de qualquer elemento sobre a superfície terrestre. Os sistemas mais empregados são os sistemas de coordenadas geográficas (ou terrestres) e os sistemas de coordenadas planas (ou cartesianas) (CÂMARA, 1996) assim como os sistemas de coordenadas tridimensionais.

Os Sistema de Coordenadas Geográficas (ou Geodésicas) são utilizadas para a representação de grandes extensões de área num mapa e os Sistema de Coordenadas Planas (ou Projetadas) é o sistema recomendado para trabalhos de medição de distâncias ou áreas (Gomes, 2015).

2. Sistemas de coordenadas geográficas

Segundo Filho (2001) nos sistemas de coordenadas geográficas, cada ponto é definido através do par de coordenadas referente à interseção de um meridiano com um paralelo. Os meridianos são círculos da esfera terrestre que passam pelos Pólos Norte e Sul, enquanto que os paralelos são círculos da esfera terrestre cujos planos são perpendiculares ao eixo dos Pólos Norte-Sul. Os meridianos são medidos em longitude a partir do meridiano de Greenwich, escolhido arbitrariamente como sendo o meridiano de origem, com valores variando de 0° de longitude (na origem) até $+180^\circ$ de longitude a leste e -180° de longitude a oeste. O paralelo do Equador divide a Terra nos hemisférios norte e sul, definindo as medidas de latitude como sendo 0° no paralelo do Equador, $+90^\circ$ no Pólo Norte e -90° no Pólo Sul (Figura 1).

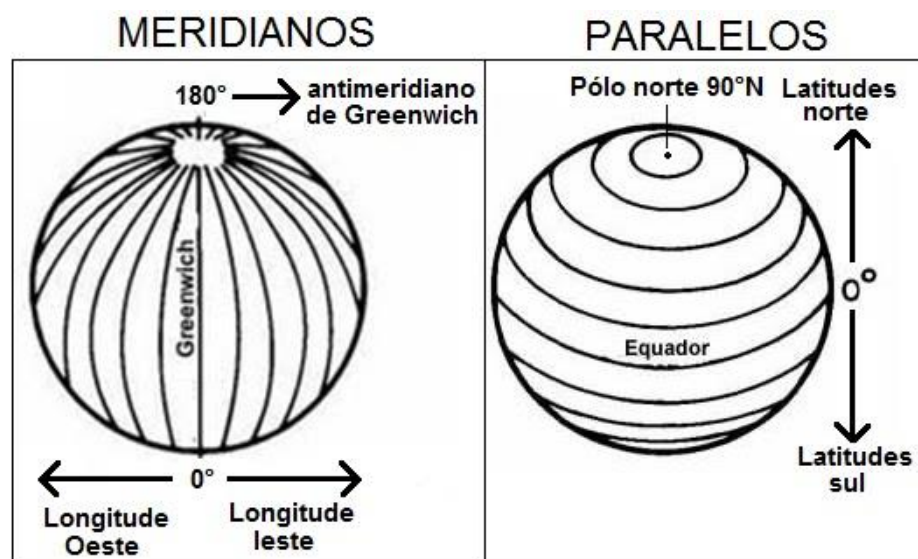


Figura 1. Representação dos meridianos e dos paralelos.

Como exemplo pode -se citar o município de Arroio do meio, no estado do Rio Grande do Sul, que de acordo como o IBGE, para efeitos de localização o município situa-se nas coordenadas:

- $\lambda = 51^\circ 56'24''$ WGr (cinquenta e graus, cinquenta minutos e vinte e quatro segundos de longitude oeste ou a oeste de Greenwich) ou $\lambda = -51^\circ 56'24''$
- $\varphi = 29^\circ 24'S$ (vinte e nove graus e vinte e quatro segundos de latitude sul ou ao sul do equador) ou $\varphi = 29^\circ 24'S$ (FITZ, 2008).

As coordenadas geográficas também podem ser representadas pelas seguintes formas:

FORMATO DA COORDENADA	EXEMPLO
Grau, Minuto e Segundo	0°50'28.32"N, 51°48'55.64"W
Grau Decimal	0,841200, -51,81545556

Fonte: SANTOS, 2014.

Resumo das principais características das coordenadas geográficas são:

- A Longitude pode ser Oeste (W) ou Leste (E) e a Latitude pode ser Norte (N) ou Sul (S);
- Não é necessário definir uma projeção para trabalhar no Sistema Geográfico;
- Unidades neste sistema são representadas em graus (unidades angulares);
- Para importar dados do Sistema de Coordenadas Geográficas para um aplicativo SIG, (Exemplo: tabela do Excel contendo dados e coordenadas geográficas), é preciso converter as coordenadas geográficas de Graus, Minutos e Segundos para Graus Decimais;
- O Sistema de Coordenadas Geográficas não é um sistema conveniente para aplicações onde busca-se o cálculo de distância e áreas. Use o Sistema de Coordenadas Planas;
- No SIG, ao decidir pelo uso do Sistema de Coordenadas Geográficas, o analista precisa informar o Modelo da Terra (Datum) da região de interesse

Fonte: Santos 2014, p.4.

Cálculo das coordenadas geográficas

O cálculo das coordenadas geográficas de um ponto, em uma carta topográfica impressa, pode ser realizada utilizando uma regra de três simples. Nesse caso procede-se a proporção entre a distância medida sobre um paralelo (ou meridiano) imaginário do ponto até a longitude

(ou latitude) conhecida mais próxima e a distância existente entre duas longitudes (ou latitudes) conhecidas, medida da mesma forma conforme a figura 2 (FITZ, 2008).

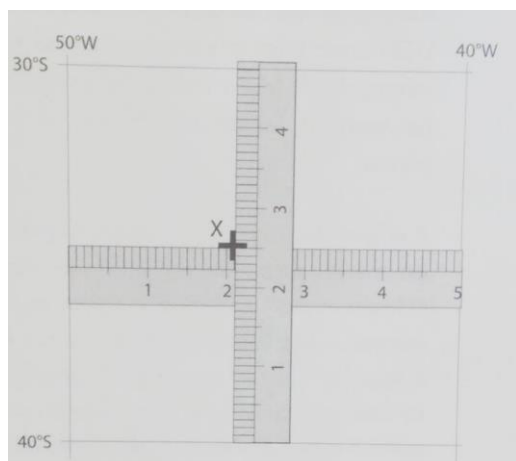


Figura 2. Coordenada geográficas no ponto X

Conforme a figura têm-se:

$$5 \text{ cm} \longrightarrow 10^\circ (50^\circ - 40^\circ)$$

$$2,1 \text{ cm} \longrightarrow x \quad \text{logo } x = 4,2^\circ = 4^\circ 12'$$

Assim o ponto X está a $4^\circ 12'$ do meridiano aparente de 50°W , ou seja, o valor da longitude no ponto X será dado por $50^\circ - 4^\circ 12' = 45^\circ 48'$.

De forma idêntica faz-se o cálculo para latitude, onde:

$$4,7 \text{ cm} \longrightarrow 10^\circ (40^\circ - 30^\circ)$$

$$2,5 \text{ cm} \longrightarrow x \quad \text{logo } x = 5,319148936^\circ = 5^\circ 19'08,94''$$

Assim, a latitude do ponto X será dada por $40^\circ - 5^\circ 19'08,94'' = 34^\circ 40'51,06'' \text{ S}$.

Logo as coordenadas do ponto X serão dadas pela latitudes e longitudes:

- Longitude: $45^\circ 48' \text{ W}$
- Latitude: $34^\circ 40' 51,06'' \text{ S}$

Transformação de graus, minutos e segundos em graus decimais

Exemplo: $\lambda = 35^\circ 45' 38'' \text{ W}$ e $\phi = 10^\circ 18' 33'' \text{ S} \longrightarrow$ graus decimais

O Cálculo será: $\text{graus} + \text{minutos}/60 + \text{segundos}/3600$

Assim, $\lambda = 35,76055556 \text{ W}$ ($-35,76055556$) e $\phi = 10,30916666667 \text{ S}$ ($-10,30916666667$)

Transformação de graus decimais em graus, minutos e segundos

Exemplo: $\lambda = -35,76055556$ e $\phi = -10,3091666667$ → graus, minutos e segundos

- O Primeiro passo para determinar os graus é só isolar a parte inteira do número, no caso -35° . Os minutos são obtidos da seguinte maneira:
 $(35,76055556 - 35) * 60 = 45,633336$.
- Segundo passo Isola-se a parte inteira, no caso $45'$. Os segundos são obtidos a partir do cálculo dos minutos: $(45,633336 - 45) * 60 = 38,00016$
- Terceiro passo isola-se a parte inteira, no caso $38''$. Assim:
 $\lambda = -35^\circ 45' 38''$ ($\lambda = 35^\circ 45' 38''$ W) e $\phi = 10^\circ 18' 33''$ S ($-10^\circ 18' 33''$)

3. Sistemas de coordenadas planas coordenadas

O sistema de coordenadas planas ou sistemas de coordenada cartesianas é naturalmente usado para a representação da superfície terrestre num plano. Os sistemas de coordenadas planas são baseados em um par de eixos perpendiculares, onde a interseção dos eixos representa a origem para a localização de qualquer ponto sobre o plano. Nestes sistemas, as coordenadas dos pontos são representadas por um par de valores (x,y) representando a projeção do ponto sobre cada um dos eixos (Figura 3). Normalmente, o eixo horizontal fica associado à medida de longitude enquanto que o eixo vertical fica associado à medida de latitude, o que permite conversões entre os sistemas de coordenadas, a partir de transformações matemáticas (FILHO, 2001).

As coordenadas podem ser representadas no plano através dos componentes Norte (N) e Leste (E) regularmente utilizadas em mapas e cartas, referidas a um determinado sistema de referência geodésico. Para representar uma superfície curva em plana são necessárias formulações matemáticas denominadas de projeções. Diferentes projeções poderão ser utilizadas na confecção de mapas. No Brasil a projeção mais utilizada é a Universal Transversa de Mercator (UTM) (SILVA et al., 2013). Ressaltando que não tem nenhum sentido falar em coordenada plana sem o mencionar o sistema de projeção que lhe deu origem

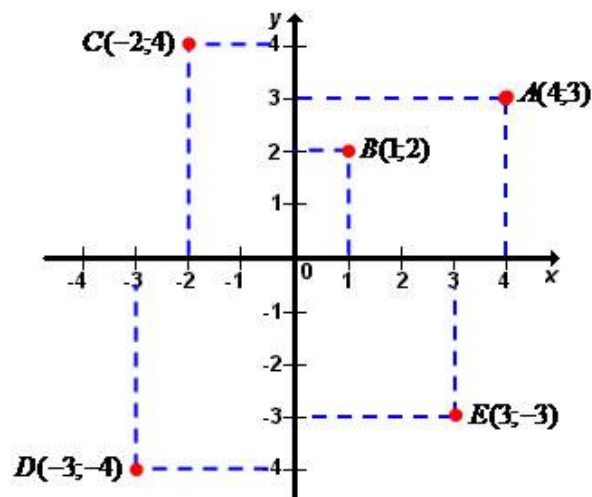


Figura 3. Representação de Coordenadas cartesianas ou planas de alguns pontos do plano

Breve resumo sobre o sistemas de projeção

Um sistema de projeção cartográfica é definido como qualquer representação sistemática de paralelo e meridianos retratando a superfície da Terra (ou parte dela) considerada como uma esfera ou elipsoide, sobre um plano de referência (SNYDER, 1995 citado por MENEZES e FERNANDES, 2013).

Essas técnicas ajudam os cartógrafos a amenizar o problema do arredondamento do planeta na elaboração de mapas (IBGE, 1999). O problema básico das projeções cartográficas é a representação de uma superfície curva em um plano (CONCEIÇÃO e COSTA, 2011).

Entre as diversas maneiras de classificar as projeções cartográficas merece ser destacada a classificação quanto ao tipo de superfície de projeção (Figura 4). Assim as projeções se classificam em:

- Planas: quando a projeção de superfície é um plano
- Cônicas: quando a projeção de superfície é um cone
- Cilíndricas: quando a projeção de superfície é um cilindro
- Poliédricas: quando se utilizam vários planos de projeção que, reunidos, formam um poliedro (FITZ, 2008).

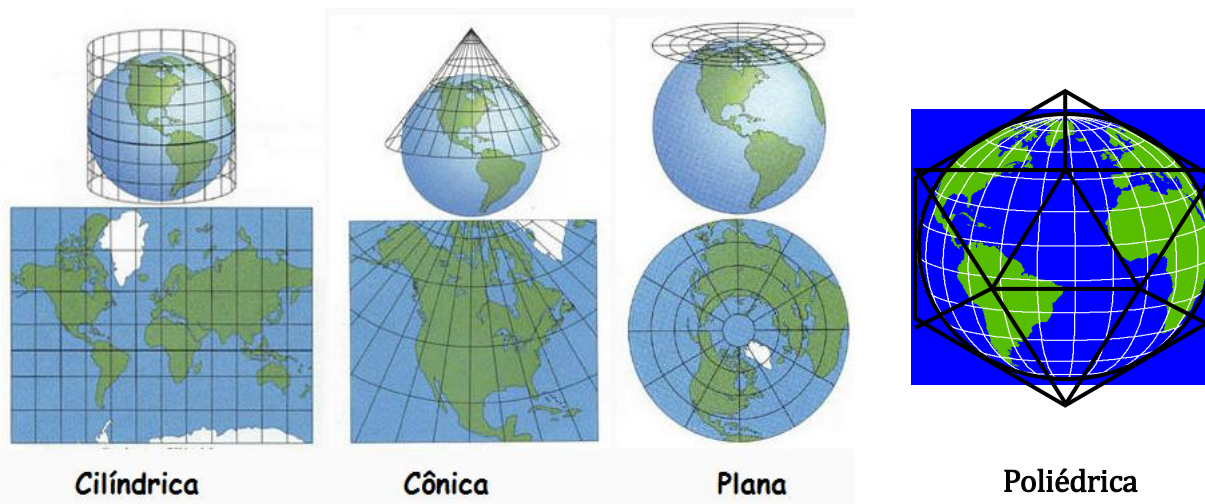


Figura 4. Classificação das projeções de acordo com o tipo de superfície de projeção

Sistema Universal Transversa de Mercator

Projeção de Mercator também conhecida como Projeção Cilíndrica de Mercator, procura traçar um mapa de toda a superfície terrestre. Ela reproduz bem o tamanho e o formato das áreas situadas na zona intertropical, mas exagera na representação das áreas temperadas e polares (CONCEIÇÃO e COSTA, 2011).

Sistema de projeção 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 (OLIVEIRA e SILVA, 2012).

4. Sistema de Coordenadas Tridimensionais

Os sistemas tridimensionais são sistemas espaciais, portanto necessitam de três coordenadas para o posicionamento de um ponto no espaço. Alguns sistemas são extensões dos sistemas planos e outros são trabalhados de forma a definirem um sistema de representação mais específico para determinada aplicação.

Como exemplo temos o Sistema Cartesiano e Polar tridimensionais, onde o espaço tridimensional possui evidentemente três dimensões físicas: x, y, caracterizando um plano e a uma coordenada z, constituída por uma família de planos. A definição agora, não mais refere-se a família de linhas ortogonais dois a dois. O sistema de eixos coordenados será caracterizado pela interseção destes planos: OXZ, OYZ e OYX representado pela Figura 5 (MENEZES e FERNANDES, 2013).

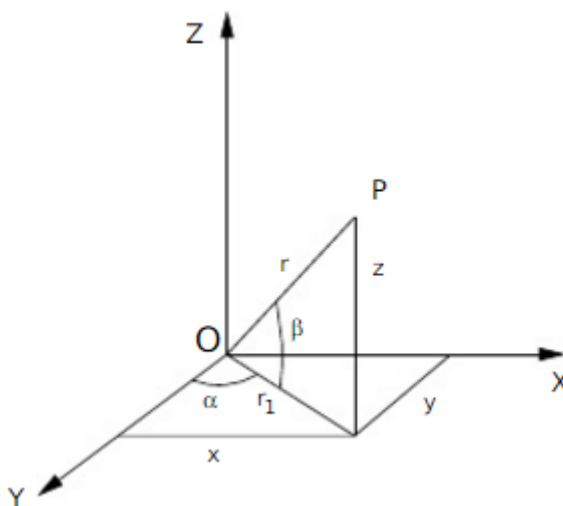


Figura 5. Sistema tridimensionais cartesiano

A posição de qualquer ponto no espaço será definida pela interseção dos planos paralelos aos planos origem considerados. Assim um ponto será determinado por um terno coordenado P (x, y, z). Considerações semelhantes podem ser deduzidas para um sistema polar no espaço, que através de uma distância ao ponto pela origem (r) e dois ângulos vetoriais, tem a sua posição determinada por um conjunto de coordenadas do tipo P (r, α , β).

É simples converter coordenadas polares para retangulares e vice-versa conforme as equações 1, 2, 3 e 4. Se as coordenadas polares de um ponto são r e Φ , então suas coordenadas planas são:

- $\operatorname{tg}\theta = \frac{x}{y}$ (1)

- $r^2 = x^2 + y^2$ ou $r = y * \sec\theta$ (2)

- $x = r * \operatorname{sen}\theta$ (3)

- $y = r * \operatorname{cos}\theta$ (4)

5. Fuso horário

Devido ao movimento de rotação terrestre é impossível o Sol cruzar os meridianos de dois lugares exatamente ao meio dia, exceto se esses lugares estiverem sobre o mesmo meridiano. O fuso horário corresponde a uma grade de meridianos principais elaborada para acomodar a passagem luminosa solar por diversos medianos em momentos distintos (MENEZES e FERNANDES, 2013)

Os fusos horários foram formados através de uma reunião composta por representantes de 25 países em Washington, capital estadunidense, em 1884. Nessa ocasião, foi realizada uma divisão do mundo em 24 fusos horários distintos partindo do princípio de que são gastos, aproximadamente, 24 horas (23 horas, 56 minutos e 4 segundos) para que a terra realize o movimento de rotação (giro em torno de seu próprio eixo, realizando um movimento de 360°). Para cada hora a terra se desloca 15° e devido a este movimento, todos os meridianos passam em frente do Sol em um determinado momento retornando somente depois de 24 horas (DUARTE, 2002).

O fuso referencial para determinação das horas é o de Greenwich, que atravessa a Grã-Bretanha, além de cortar o extremo oeste da Europa e da África. Segundo Nunes (2012) a partir do O meridiano de Greenwich se acertam os relógios, onde as horas podem se a mais se nos direcionarmos para um fuso horário ao leste, ou horas a menos se mudarmos a um fuso ao oeste pois a Terra gira de oeste para leste. Por exemplo: a hora oficial do Brasil está atrasada 3 horas em relação a Greenwich (Figura 6).

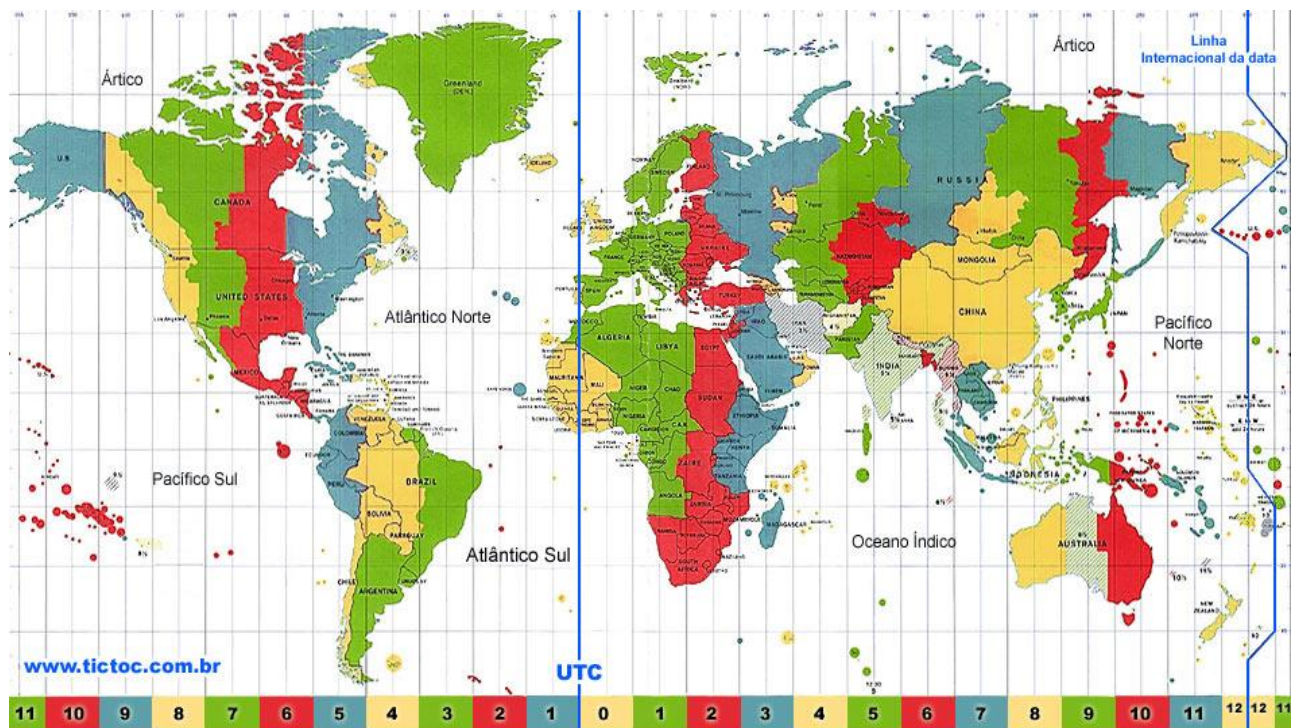


Figura 6. Fuso horário ou horário civil mundial

O Brasil abrange três fusos horário conforme a figura 7:

- -2h: arquipélago e ilhas
- -3h: estados do litoral, Minas, Goiás, Tocantins e Pará
- -4h: Roraima, Amazonas, Acre, Rondônia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul.



Figura 7. Fusos horários atual no Brasil

Cada fuso recebeu um número denominado de Número do fuso (F) que é um número inteiro, por convenção positivo para leste e negativo para oeste de Greenwich, e que corresponde a diferença em horas entre um ponto do interior do fuso e a hora em Greenwich. O meridiano central do fuso 12 recebe o nome de linha de mudança de data. Quando se cruza essa linha navegando em direção ao oeste deve-se avançar a data de 1 dia. Este fuso em particular é dividido pelo meridiano central nos fusos +12 e -12 (NADAL, 2000)

Em Kiribati, um pequeno país formado por diversas ilhas no oceano Pacífico, a Linha Internacional de Mudança de Data dividia o território. No leste do país, quando era domingo, na capital, Bairiki, já era segunda-feira. Mas, isso foi alterado em 1995, com a nova demarcação da Linha Internacional de Mudança de Data (Figura 8) (MENEZES e FERNANDES, 2013).

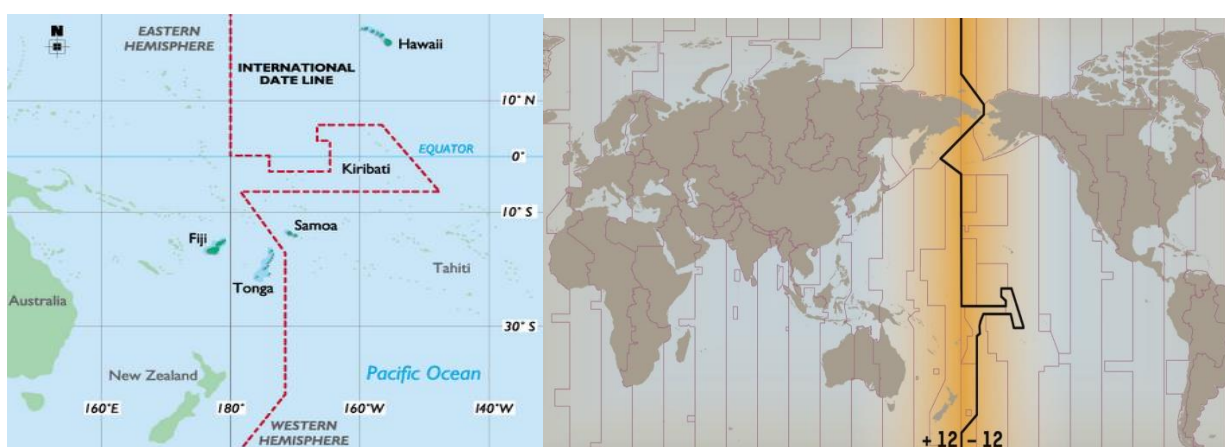


Figura 8. Linha Internacional de Mudança de Data

Esta divisão, bem caracterizada, define a hora civil em cada ponto da superfície terrestre. O fuso de Greenwich recebe a denominação de Z ou ZULU, sendo a hora em Greenwich chamada de hora Zulu. Cada fuso também recebe uma letra atribuída, assim o fuso que abrange a Linha Internacional de Mudança de Data possui duas designações: a oeste M e a este Y, correspondendo à data adiantada e atrasada respectivamente. Para acomodar as divisões políticas, alguns países têm modificado seus fusos, criando contornos que melhor enquadram as suas necessidades (MENEZES e FERNANDES, 2013).

Cálculo da Hora Civil

- **Exemplos: 1.** Qual a hora em Nova York, sabendo-se que são 14 horas em Greenwich?

Pelo mapa, NY está no fuso Q, correspondendo a UT - 4, ou seja, quatro horas a menos que em Greenwich, logo:

$$H_{NY} = H_G (UT) - 4 = 14:00 - 4 = 10:00.$$

- Exemplo 2: Tendo-se 18 horas em Rio Branco, Acre, qual a hora em Greenwich?

Fuso do Acre = UT -4

$$H_{AC} = UT - 4 \qquad 18:00 = UT - 4 \qquad UT = 18:00 + 4 = 22:00$$

Deve-se ficar atento para o problema de mudança de data. Por exemplo, se fossem 22 horas em Rio Branco, a hora de Greenwich seriam 22 horas + 4 = 26 horas, porém, já extrapolado para 24 horas, a hora correta é 2 horas do dia seguinte ao dia em Greenwich.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÂMARA, G. et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996. (X Escola de Computação).

CONCEIÇÃO, R. S.; COSTA, V. C. **Cartografia e geoprocessamento**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2011. 240p.

DUARTE, P. A. **Fundamentos de Cartografia**. 2. ed. Florianópolis: EdUFSC, 2002.

FILHO, J. L. **Projeto de Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica**. Viçosa: Departamento de Informática, UFV, 2001. Tutorial. Disponível em: <http://www.ufpa.br/sampaio/curso_de_sbd/semin_bd_para_sig/eri-norte.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2016.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo, Editora Oficina dos textos. 2008. 160p.

GOMES, D. **Apostila básica de Cartografia e ArcGis 10.2**. Disponível em: <http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2015/07/Apostila_Basica_de_Cartografia_ArcGIS102.pdf> Acesso em: 16 ago. 2016.

IBGE. **Noções básicas de cartografia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 78 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 8).

MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M.C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 1ª Ed., no prelo, 2013. 288p.

NADAL, C. A.; HATSCHBACH, F. Introdução aos Sistemas de Medição de Tempo. 2a Ed. - Curitiba, Curso de Pós- Graduação em Ciências Geodésicas: 2000. 50p.

NUNES, I. D. **Recursos da internet no ensino da cartografia**. 2013. 48 f. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Universidade de Brasília, Goiás, 2012.

OLIVEIRA, R. N. Q.; SILVA, D. C. Sistemas de projeção Transversa de Mercator no georreferenciamento de imóveis rurais. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 4., 2012, Recife, PE. **Anais...** Recife, PE: UFPE, 2012 p. 1 – 7.

SANTOS, J. **Sistema de Referência de Coordenadas (SRC)**.2014. Disponível em: <http://www.processamentodigital.com.br/wpcontent/uploads/2014/10/20141011_QGIS24_Sistema_de_Referencia_de_Coordenadas.pdf> Acesso em: 16 ago. 2016.

SILVA, C. H. S.; GUALBERTO, S.; TUPINAMBÁS, W. J. M.; SARAIVA C. **Coordenadas topográficas X Coordenadas UTM**. Portal MundoGEO, 2013. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2013/06/05/coordenadas-topograficas-x-coordenadas-utm>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

TIMBÓ, M. A. Elementos de cartografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil. 2001. 57p.