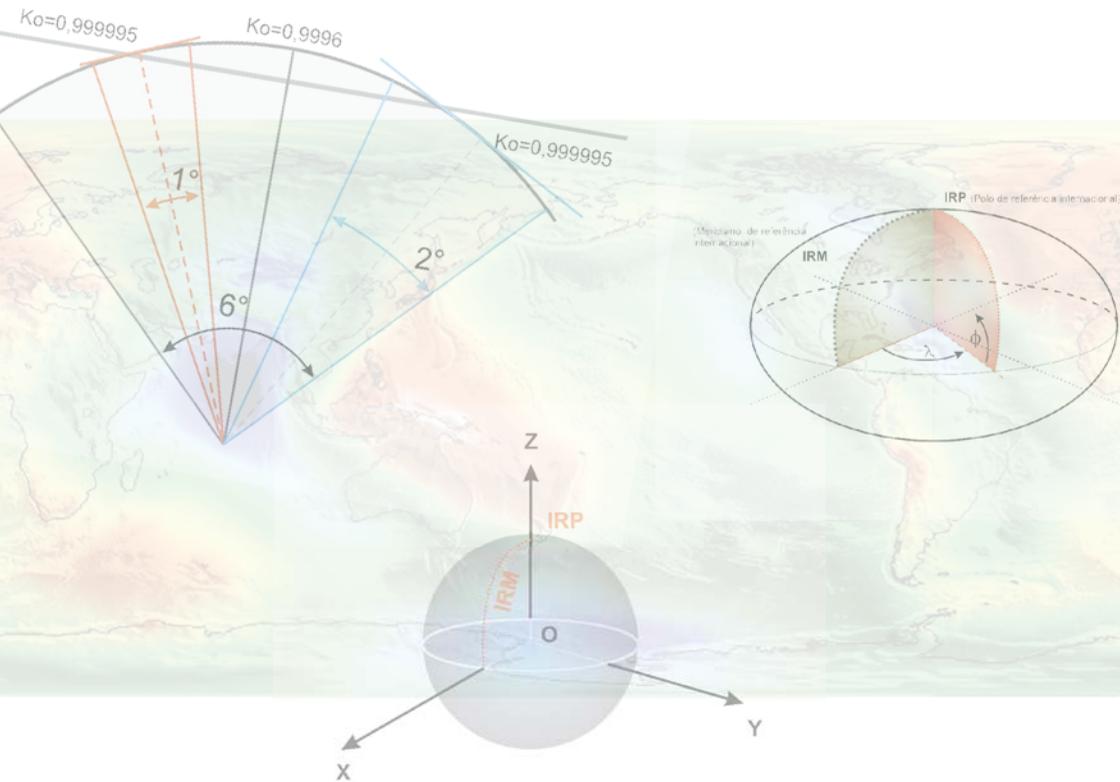


Sistemas de Referência Terrestre e Posicionamento por Satélite



ISSN 1678-1953

Dezembro, 2015

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 197

Sistemas de Referência Terrestre e Posicionamento por Satélite

Márcia Helena Galina Dompieri
Marcos Aurélio Santos da Silva
Lauro Rodrigues Nogueira Júnior

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Aracaju, SE
2015

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Av. Beira Mar, 3250, CEP 49025-040, Aracaju, SE
Fone: (79) 4009-1300
Fax: (79) 4009-1369
www.embrapa.com.br
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Comitê Local de Publicações da Embrapa Tabuleiros Costeiros

Presidente: *Marcelo Ferreira Fernandes*

Secretária-executiva: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Membros: *Ana Veruska Cruz da Silva Muniz, Carlos Alberto da Silva, Élio César Guzzo, Hymerson Costa Azevedo, João Gomes da Costa, Josué Francisco da Silva Junior, Julio Roberto de Araujo Amorim, Viviane Talamini e Walane Maria Pereira de Mello Ivo*

Supervisão editorial: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Normalização bibliográfica: *Josete Cunha Melo*

Editoração eletrônica: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Ilustrações: *Thiago Calheiros dos Santos*

Mapa: *Márcia Helena Galina Dompieri*

1ª Edição

On-line (2015)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Dompieri, Márcia Helena Galina

Sistemas de referência terrestre e posicionamento por satélite / Márcia Helena Galina Dompieri, Marcos Aurélio Santos da Silva, Lauro Rodrigues Nogueira Júnior. – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

33 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 197).

Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br> >

1. Geotecnologia. 2. Sistema de Referência. 3. Zoneamento agrícola. 4. Georreferência. 5. Embrapa Tabuleiros Costeiros. I. Silva, Marcos Aurélio Santos da. II. Nogueira Júnior, Lauro Rodrigues. IV. Título. V. Série.

CDD 550 Ed. 21

Autores

Márcia Helena Galina Dompieri

Graduada em Geografia e Tecnologia da Informática, doutora em Organização do Espaço, pesquisadora da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Marcos Aurélio Santos da Silva

Graduado em Ciência da Computação, mestrado em Computação Aplicada, pesquisador da Embrapa Tabuleiros, Aracaju, SE

Lauro Rodrigues Nogueira Júnior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Recursos Florestais, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Apresentação

O posicionamento na superfície da Terra sempre foi uma das principais preocupações do homem. Inicialmente, o interesse das populações se dava no seu entorno, portanto na escala local. Ao longo do tempo, foi se ampliando devido às práticas de comércio, mas foi com a navegação marítima, em função da necessidade constante de conquistas de novas terras, que esse conhecimento se aprofundou e passou a desempenhar papel estratégico.

As referências se baseavam nos astros e eram dependentes das condições meteorológicas, a técnica também não permitia o estabelecimento da posição em relação ao destino pretendido, fato que mais tarde foi concretizado com o desenvolvimento dos sistemas de navegação.

Durante um longo período, o conhecimento das técnicas de posicionamento permaneceu restrito à esfera militar. Com o aperfeiçoamento dos sistemas de posicionamento, em função da revolução científica e tecnológica, e com fim da degradação intencional do sinal pelos Estados Unidos da América (EUA), em 2000, os interesses dos mais variados segmentos da sociedade civil se voltaram para essa área.

No setor agropecuário, a incorporação dessa tecnologia não foi diferente. Podem ser citadas contribuições na área da agricultura de precisão, no georreferenciamento das propriedades rurais e na realização do cadastro ambiental rural (CAR), por meio do sistema georreferenciado SICAR.

Diante disso, no presente documento, procurou-se abordar definições básicas e necessárias em geotecnologias, sobre sistemas de referência terrestre e posicionamento global, receptores e erros mais comuns. Também foram citados exemplos de aplicações geotecnológicas no âmbito dos projetos da Embrapa Tabuleiros Costeiros.

Manoel Moacir Costa Macêdo

Chefe-geral da Embrapa Tabuleiros Costeiros

Sumário

| | |
|---|-----------|
| Sistemas de Referência Terrestre e Posicionamento por Satélite | 6 |
| Sistemas de referência terrestres..... | 6 |
| Determinação dos sistemas de referência | 6 |
| Principais sistemas de coordenadas terrestres..... | 10 |
| Sistema Geodésico | 11 |
| Sistema Cartesiano | 12 |
| Sistema Plano-Retangular UTM | 13 |
| Sistema no Plano Topográfico Local (PTL) | 14 |
| Sistemas de Posicionamento por Satélites | 16 |
| Sistema NAVSTAR-GPS..... | 18 |
| Sistema GLONASS..... | 19 |
| Sistemas COMPASS/BeiDou e o Galileo | 21 |
| Tipos de Receptores e Erros | 23 |
| Aplicações espaciais na pesquisa agropecuária da | |
| Embrapa Tabuleiros Costeiros | 25 |
| Referências | 30 |

Sistemas de Referência Terrestre e Posicionamento por Satélite

Márcia Helena Galina Dompieri

Marcos Aurélio Santos da Silva

Lauro Rodrigues Nogueira Júnior

Sistemas de referência terrestres

Determinação dos sistemas de referência

Sabe-se que a forma da Terra não é homogênea, o campo gravitacional varia por conta da distribuição de sua massa, ela se aproxima de um geóide, definido como a superfície equipotencial do campo gravítico terrestre, que equivale à superfície de nível médio das águas dos mares, segue a ilustração do modelo EMG96 (Figura 1), que é uma aproximação da forma do geóide, baseado em coeficientes harmônicos esféricos.

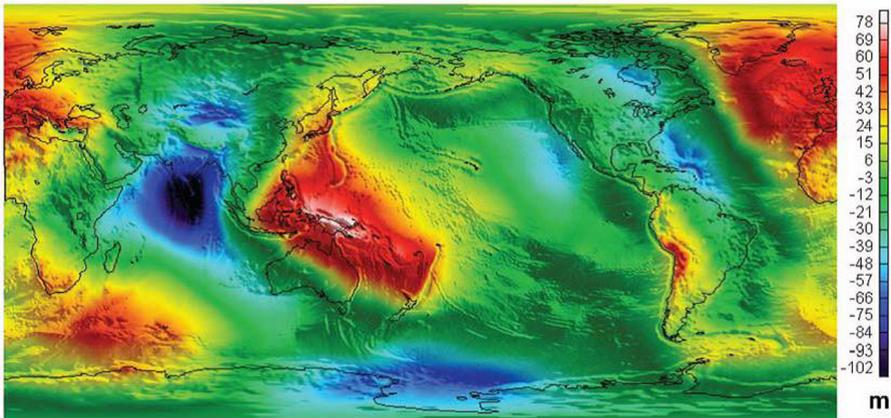


Figura 1. Representação do Modelo EGM96.

Fonte: Lemoine et al. (1998).

A forma matemática mais aproximada para o geóide é o elipsóide de revolução, essa é a razão pela qual a superfície elipsoidal é largamente usada pelas projeções cartográficas na definição das coordenadas horizontais dos sistemas de referência e nas redes geodésicas.

Na prática, por meio dos sinais do satélite, obtém-se coordenadas cartesianas (X, Y, Z) que são transformadas no terno geodésico φ, λ, h , em que h é a altitude elipsoidal, uma grandeza geométrica sem significado físico, portanto não equivale à superfície equipotencial do campo de gravidade da Terra real, mas sim, ao modelo matemático adotado, como mostra a Figura 2 (SEEBER, 2003; BLITZKOW et al., 2007).

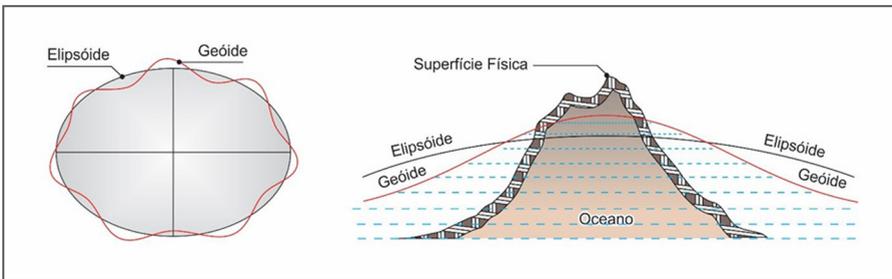


Figura 2. Relação entre o Geóide e Elipsóide.

O International Terrestrial Reference System (ITRS) é um exemplo de referencial baseado nas técnicas de posicionamento modernas. As suas realizações recebem a denominação dada à materialização do *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF), que vem acompanhada pelo ano (yy) em que foi estabelecida. Por exemplo, ITRF94 para a realização referente ao ano de 1994, assim como WGS84 e SIRGAS2000 (MCCARTHY; PETIT, 2004).

Desde a década de 80, o sistema GPS tem usado como sistema de referência padrão, o WGS84. Trata-se de um sistema do tipo terrestre fixo, pois rotaciona com a Terra e seus eixos X, Y e Z são idênticos ao Sistema de Referência Terrestre Convencional à época 1984,0.

O Sistema Geodésico Brasileiro é definido por um conjunto de pontos geodésicos implantados na superfície terrestre, resumidamente tais sistemas foram evoluindo ao longo do tempo e podem ser elencados

em: Córrego Alegre; Astro Chuá; SAD 69 e atualmente SIRGAS2000, época 2000,4.

Com o advento da geodésia espacial, os métodos de posicionamento por satélites permitiram a determinação simultânea das três coordenadas na definição da posição de um ponto no espaço com alta precisão. Assim, em 1993, foi criado o projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul, e atualmente para as Américas).

No Brasil, o sistema de referência oficial é o SIRGAS2000, que emprega a densificação do ITRF, portanto as mesmas técnicas do WGS84. Assim, os parâmetros de ambos sistemas são semelhantes, conforme consta na Tabela 1 (IBGE, 2000).

Tabela 1. Comparação entre os elementos elipsoidais dos vários Datum.

| Datum | Córrego Alegre | SAD69 | SIRGAS2000 | WGS84 |
|--------------------------------------|-------------------|---------------|-----------------|------------------|
| Origem | Córrego Alegre | Chua SAD69 | Geocêntrico | Geocêntrico |
| Elipsóide | Hayford (intern.) | GRS 67 | GRS 80 | WGS84 |
| Semi-eixo maior (a) | 6. 378. 388 m | 6. 378. 160 m | 6. 378. 137 m | 6. 378. 137 m |
| Semi-eixo menor (b) | 6. 356. 911 m | 6. 356. 774 m | 6. 356. 752 m | 6. 356. 752 m |
| Excentricidade $e^2 = (a^2-b^2)/a^2$ | 0,00672267 | 0,0066946053 | 0,0066943800229 | 0,00669437999013 |
| Achatamento $f = (a-b)/a$ | 1/297 | 1/298,25 | 1/298,25722101 | 1/298,257223563 |

A definição desses sistemas geodésicos é comumente dada em quatro etapas: conceituação, definição, materialização e densificação. A conceituação compreende o estabelecimento da sua origem (no centro de massa da Terra ou transladado para o centro de outro sistema) e a fixação dos eixos de coordenadas, considerando a origem. A definição estabelece princípios que fixam a origem, a orientação e eventual escala de sistemas de coordenadas (elipsóide de revolução). O conjunto de pontos definidos no terreno corresponde à materialização mediante o estabelecimento de estações geodésicas com coordenadas. Por último, a densificação consiste na materialização de pontos auxiliares na superfície terrestre, porém com um espaçamento menor (BLITZKOW et al., 2002).

A determinação dos sistemas geodésicos de referência foi sendo aprimorada com o avanço da tecnologia espacial, passou da técnica da triangulação para resultados de produtos advindos da era espacial, como *Very Long Baseline Interferometry* (VLBI), *Lunar Laser Ranging* (LLR), *Satellite Laser Ranging* (SLR) e GNSS (PACILÉO NETTO et al., 2003).

Principais sistemas de coordenadas terrestres

O posicionamento terrestre somente é possível mediante um sistema de coordenadas que possibilite a localização espacial do elemento desejado na superfície. Para cada objetivo, existe um sistema mais adequado em relação à escala e ao Padrão de Exatidão Cartográfica (Decreto Lei 89817/1984), assim como existem também técnicas de conversão e de implantação das coordenadas mediante normas a serem seguidas, como no caso do Plano Topográfico Local (NBR 13133/94 e 14166/98).

De forma geral, é possível classificar os sistemas de coordenadas terrestres em curvilíneos e cartesianos, todos referenciados a um elipsóide de referência (GEMAEL, 2002; BLITZKOW et al., 2007; MONICO, 2008; ARANA, 2009):

i- Sistema Geodésico

Fornece a longitude (λ), latitude (ϕ) e altitude geométrica (h) referidas em direção à Normal (Figura 3):

- λ : longitude geodésica ou elipsoidal. Definida como o ângulo diedro, de 0° a 180° , positivo a Leste, formado pelo meridiano de referência internacional ou (*International Reference Meridian – IRM*) e o meridiano local.
- ϕ : latitude geodésica ou elipsoidal. Equivale ao ângulo plano, de 0° a 90° , positivo ao Norte, que a normal forma com sua projeção sobre o plano do equador, com base no Polo de Referência Internacional (*IRP - International Reference Pole*),
- h : altitude geométrica. É a separação entre as superfícies física e elipsoidal medida ao longo da normal h . Vale ressaltar que a altitude ortométrica (H) equivale à medida da separação entre as superfícies física e geoidal.

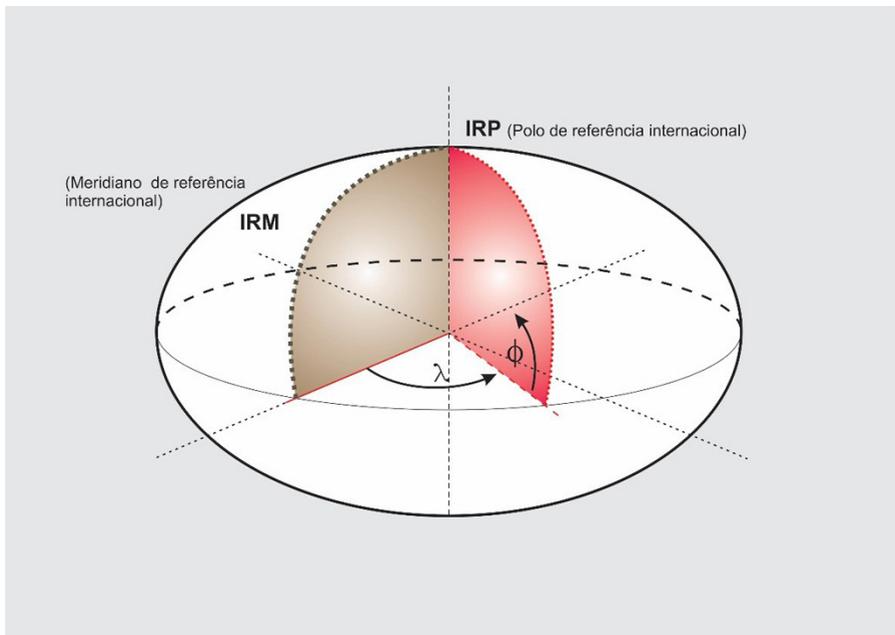


Figura 3. Representação das coordenadas geodésicas.

Percebe-se que é necessária a transformação da altitude geométrica para a altitude ortométrica (H), obtida pelo nivelamento geométrico associado à gravimetria, ou pelo rastreamento de satélites artificiais, desde que sejam conhecidas as ondulações do geóide (ARANA, 2009).

ii- Sistema Cartesiano

Fornece X , Y , Z e sua origem é o centro de massa da Terra (O), conforme Figura 4:

- Eixo OX é orientado na direção do IRM, portanto coincidente ao plano equatorial e positivo na direção de longitude 0° .
- Eixo OY coincidente ao plano equatorial, positivo na direção de longitude 90° .
- Eixo OZ é orientado na direção do IRP (*International Reference Pole*), paralelo ao eixo de rotação da Terra e positivo na direção norte.

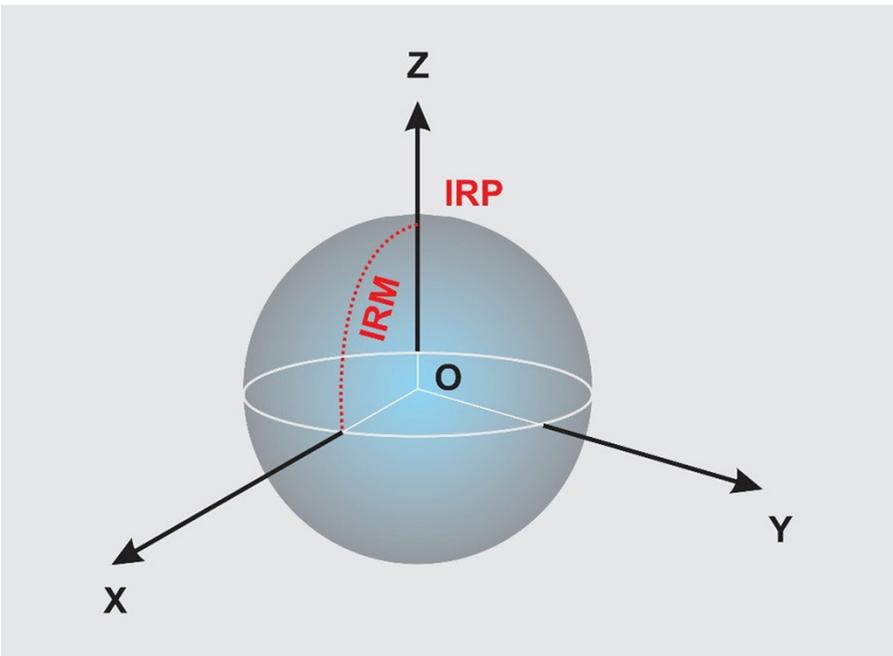


Figura 4. Representação das coordenadas cartesianas.

iii- Sistema Plano-Retangular UTM

As coordenadas são representadas como Leste e Norte. O princípio consiste na projeção de uma superfície esférica num plano, mas como a esfera não é um sólido desenvolvível, deformações são geradas nas propriedades: áreas, ângulos ou distâncias.

A Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) é a mais utilizada, trata-se de uma projeção cilíndrica transversa que adota um elipsóide de referência como base e divide a terra em 60 fusos de 6° , sendo que a origem das coordenadas se dá na intersecção do Plano do Equador com o meridiano central (MC).

Para o Hemisfério Sul, a coordenada Leste se inicia a partir do valor de 500.000 sentido MC para Oeste; a coordenada Norte parte do valor de 10.000.000 sentido Equador ao Polo Sul. Ela não abarca o globo todo, os limites são 84° N a 80° S, a partir do qual se utiliza uma projeção estereográfica polar (Figura 5).

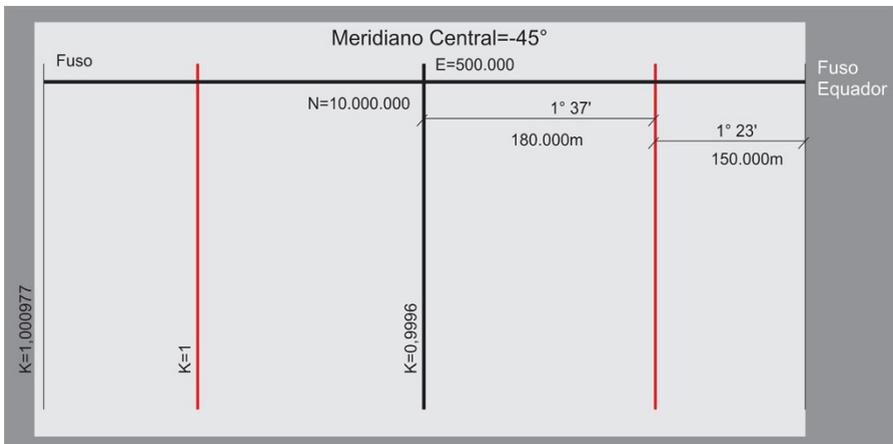


Figura 5. Representação do sistema plano-retangular (UTM).

Apresenta deformação linear e fator de ampliação. O fator escala (k) para a UTM varia de 0,9996 no meridiano central e 1,000977 no extremo do fuso. Portanto, as áreas mapeadas no sistema de projeção UTM são reduzidas na região do meridiano central até o limite de secância do sistema ($k = 1$), onde não há deformação, e ampliadas da linha de secância até a extremidade do fuso.

Há também as Projeções Regional (fusos de 2°) e Local (fusos de 1°) Transversas de Mercator (RTM e LTM) para mapeamentos em escalas maiores, pois permitem a diminuição da deformação, mas não sua exclusão (Figura 6). Portanto, o emprego da projeção UTM em locação, por exemplo, requer transformações; entretanto, a depender do objetivo, é necessária a adoção do sistema no plano topográfico local.

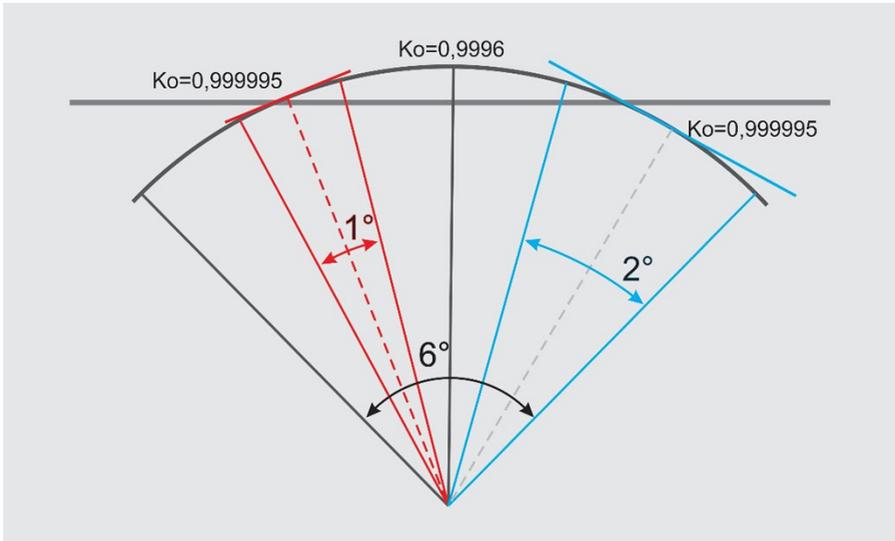


Figura 6. Representação dos fusos e do fator escala das coordenadas UTM, RTM e LTM.

iv- Sistema no Plano Topográfico Local (PTL)

Fornecer pontos P_{xy} e uma cota, definidos por um sistema plano-retangular XY, que proporciona apoio aos levantamentos locais de topografia. O eixo das ordenadas (Y) é paralelo (N-S) e o eixo positivo das abscissas (X) forma um ângulo de 90° .

Na definição do plano, considera-se a altitude média da área de estudo e aplica-se um fator de elevação. A dimensão máxima de abrangência do plano não deve ultrapassar a metade da diagonal de um quadrado de 100 km de lado; portanto a origem deve estar posicionada de modo que nenhuma coordenada tenha valor superior a 50 Km (Figura 7).

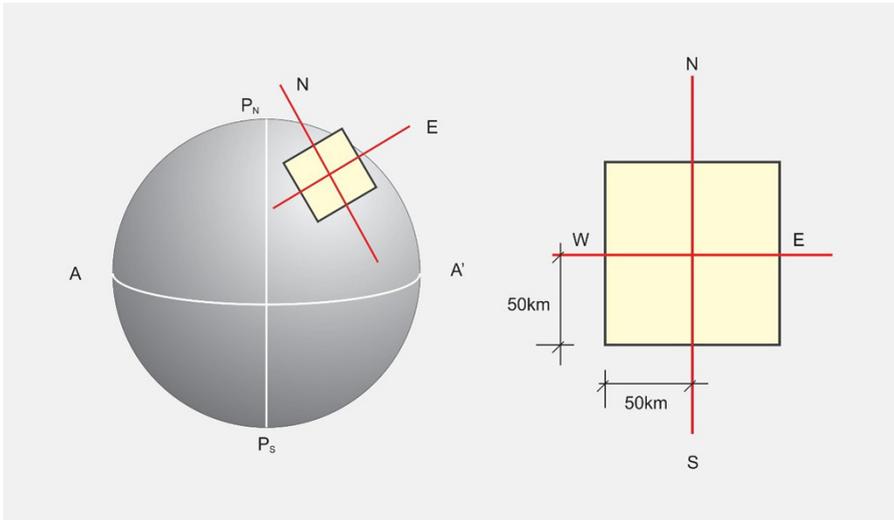


Figura 7. Representação das coordenadas plano-retangulares.

A coleta das coordenadas topográficas consiste na medição em campo da distância e ângulo horizontal e vertical para cada ponto, além da determinação da orientação em relação a uma direção fixa (N–S). As medidas de distâncias e ângulos horizontais permitem obter as coordenadas planas X e Y, enquanto as medidas de distâncias verticais ou ângulos verticais conduzem aos valores das cotas.

Há também o Plano Topográfico Arbitrário (PTA), no qual não se realiza o transporte dos pontos levantados para um marco com coordenadas conhecidas e associadas a um sistema geodésico.

Sistemas de Posicionamento por Satélites

Um dos primeiros desafios para o homem foi a dominação da técnica de navegação, ou seja, conseguir ir e voltar de determinado local por meio das posições geográficas, seja na terra ou no mar. Por muito tempo, Sol, planetas e estrelas foram as fontes de orientação, porém as interferências atmosféricas limitavam o seu uso, além de demandar muita habilidade por parte do navegador.

A bússola, inventada pelos chineses durante a dinastia Han, provocou uma revolução na navegação, quando se disseminou como instrumento de navegação no ocidente no século XIII, na época das cruzadas. Ainda assim, não havia a possibilidade de se determinar a posição em relação ao destino pretendido. Para contornar esse problema, vários equipamentos foram desenvolvidos, desde o astrolábio, usado para medir a latitude e longitude do ponto de referência, passando pelos navegadores baseados em ondas de rádio (Loran, Decca, Omega), até os primeiros sistemas baseados em satélites artificiais e no efeito Doppler (NNSS ou Transit), porém com baixa precisão e usabilidade, além de onerosos. (MONICO, 2008).

Na década de 1970, os EUA lançaram o sistema denominado NAVSTAR (*NAVigation Satellite with Time And Ranging*) ou, como é mais comumente conhecido, apenas GPS (*Global Positioning System*), iniciava-se a era da tecnologia espacial. Paralelamente, na antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), foi desenvolvido o GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*). Na década de 1990, a Agência Espacial Européia propôs o desenvolvimento do Sistema Galileo; e, uma década depois, os chineses lançaram o primeiro satélite do sistema independente chamado Compass ou Beidou.

De acordo com Seeber (2003), o desenvolvimento propriamente dito da Geodésia espacial teve início com o lançamento do primeiro satélite artificial, chamado SPUTNIK-1, em outubro de 1957, pela ex-URSS, desenvolvimento esse que, segundo o autor, pode ser agrupado em pelo menos cinco períodos:

- 1958–1970: desenvolvimento de métodos básicos de observações satelitais, para a área de computação e análise das órbitas.
- 1970–1980: fase dos grandes projetos científicos, com o desenvolvimento e refinamento de novas técnicas de observações.
- 1980–1990: fase do uso operacional de técnicas de satélite, os primeiros resultados do sistema NAVSTAR-GPS.
- 1990–2000: fase de desenvolvimento de serviços internacionais, como o IERS (*International Earth Rotation Service*), e o ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*).
- Atual: desenvolvimento contínuo de novas técnicas que tem permitido significativas melhorias na acurácia e na resolução espacial e temporal. Pode-se citar o lançamento três missões (*Challenging Minisatellite Payload* – CHAMP, em 2000; *Gravity Recovery And Climate Experiment* – GRACE, em 2002; e *Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer* – GOCE, em 2009) para fins de determinação do campo de gravidade terrestre em alta resolução espacial (BALMINO et al., 1999). O lançamento de outros blocos de satélites dos sistemas de posicionamento global e a estruturação de outros sistemas independentes também devem ser mencionados.

A sigla GNSS (*Global Navigation Satellite System*) é utilizada para designar os sistemas de posicionamento por satélites artificiais com cobertura mundial. É comum classificar o sistema GNSS em GNSS-1, baseado no GPS ou GLONASS, mais componentes civis – *Satellite Based Augmentation* (SBAS) e *Ground Based Augmentation Systems* (GBAS) e GNSS-2 (satélites do bloco IIF GPS e/ou do GALILEU) (SEEBER, 2003).

Para a obtenção da cobertura global, uma constelação deve possuir um mínimo de 24 satélites posicionados, de forma que um receptor sobre a superfície terrestre possa ter um mínimo de quatro satélites no horizonte para serem detectados. Três satélites são suficientes para se determinar as coordenadas do receptor, enquanto o quarto é utilizado para sincronizar o tempo, devido ao não sincronismo entre os

relógios dos satélites e do receptor do usuário, por conta dos diferentes materiais utilizados na fabricação dos dispositivos.

O sistema de posicionamento por satélite permite a determinação da posição expressa em latitude, longitude e altura geométrica ou elipsoidal, em função das coordenadas cartesianas X, Y e Z em relação ao centro geométrico da Terra. Quando se compara levantamentos realizados por meio do sistema GPS com métodos clássicos topográficos e geodésicos de posicionamento, o sistema GPS sai em vantagem uma vez que os sistemas tradicionais necessitam de visibilidade entre as estações para que seja feita a transferência de coordenadas entre os pontos, enquanto por GPS as antenas receptoras coletam os dados de forma independente em qualquer lugar do terreno, condição meteorológica ou hora do dia.

Existem três segmentos (espacial, de controle e de usuários) com funções específicas que caracterizam um sistema de posicionamento por satélite. O segmento espacial contempla principalmente o plano orbital, a disposição dos equipamentos, a altitude de operação e as características específicas de sinais de cada satélite.

Os segmentos de controle e de usuários, de forma geral, desempenham funções similares em todos os sistemas. As atribuições de monitorar e controlar o sistema de satélites, determinar o sistema de tempo, prever as efemérides dos satélites, calcular as correções dos relógios e atualizar periodicamente as mensagens de navegação estão a cargo do segmento de controle. O segmento de usuários está diretamente associado aos receptores GPS, pode ser classificado em civil e militar e se destinam a diversos fins, desde pesquisas científicas até definição de rotas de viagens.

Sistema NAVSTAR-GPS

O Sistema GPS foi declarado operacional em 27 de abril de 1985. Resultou da fusão de dois programas financiados pelos EUA, sob a responsabilidade da Marinha e da Força Aérea, o *Timation* e o *System 621B*. O princípio básico de navegação pelo GPS consiste na medida de distâncias entre o receptor e quatro satélites. Conhecendo-se as coordenadas dos satélites em um sistema de referência apropriado,

é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites (MONICO, 2008).

O sistema proporciona dois tipos de serviços: SPS (Serviço de Posicionamento Padrão) e o PPS (Serviço de Posicionamento Preciso). O SPS é gratuitamente disponível a todos os usuários do globo; e o PPS é de uso exclusivo a militares e usuários autorizados. Até primeiro de maio de 2000, havia uma limitação intencional (*Anti-Spoofing e Selective Availability*) acrescentada no posicionamento padrão, com a justificativa de preservação da segurança; tal limitação quando abolida melhorou em torno de dez vezes a acurácia no posicionamento (MONICO, 2008).

O segmento espacial do sistema GPS consiste em pelo menos 24 satélites de órbita média, distribuídos em seis planos orbitais igualmente espaçados, com quatro satélites em cada plano, numa altitude aproximada de 20.200 Km. Os planos orbitais são inclinados em 55° em relação ao plano do Equador. Os satélites desse sistema são diferenciados por blocos. Cada satélite GPS transmite dois sinais (L1 e L2), gerados da frequência fundamental de 10,23 MHz, controlada por osciladores atômicos de césio e rubídio, que multiplicada por 154 e 120, respectivamente, resulta em: L1 = 1575,42 MHz e $\lambda = 19$ cm; L2 = 1227,60 MHz e $\lambda = 24$ cm; como são geradas simultaneamente ocorre a correção de grande parte dos efeitos provocados pela ionosfera (HOFMANN-WELLENHOF et al., 2001; MONICO, 2008).

O *Pseudo Random Noise* (PRN) é formado por códigos modulados, em fase, sobre as portadoras L1 e L2: os códigos C/A (*Coarse Aquisition*) – fornece a medida de distância com base na acurácia estipulada no SPS, e do código P (*precision ou protect*), com uma frequência maior que a do código C/A, portanto a medida de distância é mais precisa, sendo este reservado a militares e usuários autorizados.

Sistema GLONASS

O Sistema GLONASS (*GLObal Orbiting NAVigation Satellite System*) – escrito originalmente em russo como *Global'naya Navigatsionnaya*

Sputnikowaya Sistema), assim como o GPS, também vem sendo desenvolvido desde a década de 1970, pela antiga URSS, *Soviet Union's Scientific Production Association of Applied Mechanics* e atualmente *Russian Federation Space Forces*, planejado inicialmente para fins militares e restritos, mas usado desde de 1988 também pela sociedade civil internacional. Segundo Segantini (2005), as informações sobre esse sistema nunca foram muito acessíveis até o trabalho de um grupo de estudiosos da Universidade de Leeds (Inglaterra), liderado por Peter Daly.

De forma similar ao GPS, há dois códigos PRN no GLONASS: o C/A e o P, sendo o primeiro disponível para usuários civis, e o código P, para usuários autorizados, modulados na portadora L1. A portadora L2 é modulada apenas pelo código P. Quanto à frequência do código, a do C/A é de 0,511 MHz e a do código P, de 5,11 MHz, aproximadamente a metade a do GPS, o que teoricamente induz à conclusão de que no caso da acurácia das pseudodistâncias, o sistema GPS é superior, mas diferentemente do GPS, os sinais GLONASS nunca foram degradados de modo intencional – *Anti-Spoofing e Selective Availability* (MONICO, 2008).

Quanto ao segmento espacial da constelação GLONASS, a originalmente concebida consiste de 24 satélites, com 21 ativos e 3 reservas, alocados em três planos orbitais, cujos nós ascendentes apresentam um espaçamento angular de 120° entre eles. Cada plano orbital contém oito satélites igualmente espaçados com um ângulo de argumento de 45° . As órbitas são elípticas com uma inclinação de $64,8^\circ$ em relação ao plano equatorial; os satélites apresentam uma altitude média de 191.000 km (SEGANTINE, 2005).

O sistema foi declarado totalmente operacional no fim de 1995, com uma constelação de 25 satélites; mas, em decorrência da não substituição dos mais antigos ou defeituosos, ela decresceu consideravelmente e, no fim de 2002, contava com apenas nove satélites. No entanto, a partir daí, iniciou-se um processo de modernização, e em 2010, conforme ilustrado na Figura 8, o número de satélites alcançou o total de 23, sendo que dois satélites lançados no final do mesmo ano não tiveram sucesso.

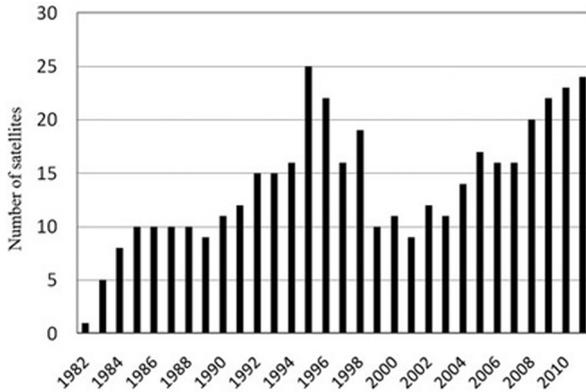


Figura 8. Histórico do número de satélites operacional no sistema GLONASS.

Fonte: Urlichich et al., 2011.

Quanto à modernização da constelação GLONASS, as características principais são: FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) nas bandas L1 (1,6 GHz) e L2 (1,25 GHz) com aumento do poder de transmissão; ligação intersatélites dentro do plano e entre os planos; maior estabilidade dos relógios de césio interno aos satélites; aumento da acurácia de orientação dos painéis solares e aumento da garantia de tempo de vida desses painéis para sete anos.

Segundo Seeber (2003), dada a proximidade das frequências do GPS e do GLONASS, é possível usar uma antena combinada e um amplificador comum no mesmo equipamento, embora o processamento dos sinais seja diferente.

Sistemas COMPASS/BeiDou e o Galileo

Dada a bipolaridade entre EUA e Rússia no comando dos dois principais sistemas de navegação e posicionamento do globo, os países da Europa e a China têm trabalhado no sentido de implantar sistemas independentes.

Na década de 1980, o governo chinês determinou a estruturação do chamado BD-1 (*COMPASS/BeiDou Navigation Demonstration System*), com as diretrizes de ser um sistema aberto, independente, compatível aos demais sistemas e fomentado gradualmente.

O segmento de controle será formado por cinco satélites geoestacionários e 30 não geoestacionários; sinais transmitidos em três bandas, nas seguintes frequências:

- B1: 1559.052 a 1591.788 MHz.
- B2: 1166.22 a 1217.37 MHz.
- B3: 1250.618 a 1286.423 MHz.

O segmento terrestre contará com uma estação principal, uma de carregamento e trinta de monitoramento. O primeiro satélite foi lançado em 2000. Em 2013, o sistema chinês já contava com 16 satélites em órbita, 5 na geoestacionária, 5 nas geossíncronas inclinadas e 4 na órbita média da terra. A maioria dos países da Ásia e do Pacífico já recebem sinais de 8 a 9 satélites, garantindo a meta do serviço no nível SPS – *Standard Positioning Service* (LIU, 2013).

A necessidade de um sistema independente para a Europa foi concebida em 1999, pela União Européia (EU), como um sistema aberto, global, com controle civil e compatível com o GPS e GLONASS, mas independente e sob a responsabilidade civil de operação. Depois da fase de definição do sistema, quanto à arquitetura e requisitos, em 2003 iniciou-se o seu desenvolvimento; o primeiro satélite experimental foi lançado em 2005. O Sistema idealizado consistirá de 30 satélites (27 operacionais mais 3 ativos), posicionados na órbita média da Terra (MEO) e planos em 23.222 km de altitude e 56° graus em relação ao Equador. Em 2012, já contava com quatro satélites na órbita de validação. A EU, por intermédio da rede de transportes europeus, deve garantir o orçamento juntamente com fundos adicionais resultantes do envolvimento de outras agências, além da cooperação internacional com outras nações, como Canadá, China, Israel, Japão e Rússia. (MONICO, 2008; ESA, 2014).

Por fim, vale destacar que, pelo fato de os sistemas GPS e GLONASS serem essencialmente militares, a correção de erros, a disponibilidade e a continuidade do serviço não são garantidas, assim é comum a implantação de ampliações civis, denominadas de SBAS (ex.: WAAS e EGNOS) e GBAS (ex.: LAAS), que são compostas por satélites geoestacionários e estações – referência, mestras e telecomunicações (SEEBER, 2003).

Tipos de Receptores e Erros

Os satélites emitem sinais que são recebidos e convertidos em dados, a maneira mais comum de se obter coordenadas de pontos é por meio da medida do tempo de percurso do sinal emitido pelo satélite e o recebido pela antena do receptor.

As características e o custo dos receptores variam em função das necessidades de precisão estabelecidas pelo usuário. Eles podem ser classificados sob vários aspectos: *tipo de usuário*: civil, miliar; *tipo de aplicação*: navegação, mapeamento, topografia, geodésia; *tipo de frequência*: simples (L1 e acesso ao código C/A), dupla (L1/L2 e acesso aos códigos C/A ou P); *número de canais*: monocanais, multicanais; *tipo de canais*: sequenciais e multiplexados. No entanto, é mais comum nos referirmos ao tipo de sinal observado por cada equipamento, segundo Segantini (2005), neste caso, eles podem ser elencados conforme segue:

- Receptores que utilizam a pseudodistância através do código C/A. São pequenos e leves e a precisão é dada pelo SPS.
- Receptores com a portadora L1 ou L1 e L2. São aqueles voltados para trabalhos de mapeamento em Sistemas de Informações Georreferenciadas (SIG).
- Receptores com as portadoras L1, L2 e código C/A. São usados para trabalhos geodésicos de precisão.
- Receptores que utilizam a pseudodistância através do código e as portadoras L1 e L2. São usados para fins militares.
- Receptores que utilizam a pseudodistância através dos códigos C/A e P e as portadoras L1 e L2. São os mais completos, voltados para trabalhos geodésicos de alta precisão.

O termo pseudodistância é empregado em função da falta de sincronismo entre os relógios dos receptores (cristal de quartzo) e dos satélites (césio), então os osciladores de cristal de quartzo não conseguem atingir o máximo de alinhamento com os osciladores dos satélites e, conseqüentemente, estimam as posições.

Quanto aos principais erros envolvidos no posicionamento, um consenso na literatura aponta principalmente:

- Erro do relógio do satélite e do receptor.
- Erro dos dados das efemérides transmitidas e da propagação de sinais (ionosfera).
- Ruídos entre os canais e variação da geometria dos satélites;
- Erros provenientes dos equipamentos – receptor e antena, e correções da estação.
- Erros relacionados com a propagação do sinal e com as condições do entorno, daí se fala em multicaminhamento, processo que ocorre em função da refletividade do meio em que a antena está estacionada, como construções altas, espelhos d'água e condições do relevo.

Vale ressaltar que no caso do efeito da geometria dos satélites, ele é expresso pelo fator de degradação da precisão (DOP - *Dilution Of Precision*), o qual pode ser interpretado como a razão entre a exatidão do posicionamento e a exatidão da medição. No caso de satélites muito próximos, os erros na posição calculada podem ser altos, caso eles estivessem espalhados pelo céu, os erros seriam menores. Existem vários tipos de DOP, que podem ser definidos mediante as coordenadas escolhidas, os mais comuns, segundo Segantine (2005) e Monico (2008), são:

- GDOP: degradação da precisão da posição tridimensional e tempo (geometria).
- PDOP: degradação da precisão da posição tridimensional.
- VDOP: degradação da precisão vertical.
- HDOP: degradação da precisão horizontal.

A escolha do receptor deve se adequar à precisão exigida, assim é importante essa definição no pré-projeto, pois os custos de aquisição e locação dos equipamentos são diferenciados e podem impactar no orçamento final do projeto.

Aplicações espaciais na pesquisa agropecuária da Embrapa Tabuleiros Costeiros

O espaço agropecuário no Brasil, além de garantir a produção de alimentos, também representa um dos principais esteios para economia do país. Seja por meio da produção em larga escala, com uso de tecnologias modernas (maquinários, sementes, insumos, etc.) ou no contexto da agricultura familiar, a atividade agropecuária permite a manutenção e propagação do capital e, portanto, o desenvolvimento social do país.

Sobretudo a partir da década de 1960, começaram a despontar as inovações tecnológicas no campo com o objetivo de alcançar maior produtividade por meio do desenvolvimento de pesquisas em sementes, insumos, adaptação do solo para o plantio, mecanização, mapeamentos e zoneamentos.

O planejamento georreferenciado do espaço rural passou a desempenhar função primordial. A geodésia e a cartografia aliadas aos avanços tecnológicos nas áreas da microeletrônica e dos sistemas de informação passaram a contribuir de forma expressiva com a agricultura de precisão, possibilitando desde zoneamentos agrícolas em áreas extensas até aplicações mecanizadas de insumos e correções do solo com auxílio de receptores GNSS.

Nesse contexto, elencamos alguns exemplos de estudos e pesquisas, desenvolvidos em épocas mais recentes, que envolveram coleta e manipulação de dados georreferenciados, no âmbito de atuação da unidade da Embrapa Tabuleiros Costeiros (Figura 9), com o intuito de exemplificar o crescente aumento do emprego das geotecnologias:

- **Mapeamento do foco da resinose em coqueiro:** os focos dessa fitopatologia foram georreferenciados e identificados com aparelhos de GPS no Platô de Neópolis, Sergipe, para fins de análise da propagação da doença, no período de 2005 a 2009 (FERREIRA et al., 2009).

- **Mapeamento do extrativismo da mangaba em Sergipe:** as áreas de coleta de mangaba foram reconhecidas, em fotos aéreas e imagens de satélite, por moradores dos povoados e assentamentos rurais. Houve

a coleta de pontos georreferenciados por meio de receptores GPS de navegação para a validação dessas informações fornecidas. O produto compôs um diagnóstico sobre a situação do extrativismo realizado por comunidades do litoral sergipano (VIERA et al., 2009).

- ***Atlas de qualidade da água subterrânea no Estado de Sergipe para fins de irrigação:*** o produto final contemplou um banco de dados georreferenciado com informações dos poços tubulares nas bacias hidrográficas do Estado de Sergipe; mapas temáticos para os parâmetros de qualidade da água subterrânea e aplicação da geoestatística às amostras consolidadas; e mapas temáticos de parâmetros quantitativos dos poços, incluindo vazão média, profundidade e níveis estático e dinâmico (RESENDE et al., 2009).

- ***Base de dados do Projeto Japarutuba:*** o trabalho promoveu a sistematização e organização de dados socioambientais da bacia do rio Japarutuba, no Estado de Sergipe, por meio de um sistema de informações geográficas inicializável a partir de mídia digital; houve a avaliação dos impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas na referida bacia, com coleta das localizações espaciais de amostras de água e sedimentos, possíveis contaminantes como lixões, estações fluviométricas e pluviométricas, entre outros (CRUZ et al., 2012).

- ***Base de dados georreferenciados de solos para o Estado de Sergipe:*** trata-se de uma base com levantamentos de solos nas escalas 1:400.000 e 1:100.000, realizados, respectivamente, em âmbito estadual e para a região litorânea do Estado de Sergipe; aptidão agrícola das terras na escala 1:400.000, realizado para todo o estado; fertilidade dos solos que contempla diagnósticos regionais e municipais e a distribuição espacial de componentes de análises de solo e também apresenta as cartas planialtimétricas em meio digital, originalmente impressas na escala 1:100.000 (SIQUEIRA, 2012).

- ***Georreferenciamento de matrizes e coleta de material advindo de espécies vegetais nativas para recomposição de áreas degradadas:*** o objetivo do trabalho foi a coleta de material nativo (sementes), no Estado de Sergipe, assim como o georreferenciamento das matrizes para fins de recomposição de mata ciliar por meio da técnica de semeadura direta, em área do campo experimental da Embrapa, em Frei Paulo, Sergipe (NOGUEIRA JUNIOR et al., 2014).



Figura 9. Área de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros.

- **Georreferenciamento da rede social Camponês a Camponês (CaC) do Território Sul Sergipano:** cada pequeno agricultor, que faz parte da rede social, foi mapeado como um ponto localizado no espaço com atributos referentes ao seu perfil e ao processo de transmissão do conhecimento relativo à agroecologia na rede. Os dados têm composto estudos nas áreas de sociometria, ciência social computacional e análise comportamental no âmbito do projeto para construção de estratégias para inovação agroecológica em território de identidade rural nos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil (SILVA et al., 2014).

- **Zoneamento e elaboração do plano de manejo da RPPN do Caju:** o trabalho foi realizado na reserva pertencente ao campo experimental da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Itaporanga D'Ajuda (SE), e baseou-se fortemente no uso das geotecnologias, houve a coleta de pontos a partir de receptores GNSS, o emprego de imagens orbitais e dados vetoriais, tanto da delimitação do campo como das feições da reserva (GALINA et al., 2013; NOGUEIRA JUNIOR et al., 2015).

- **Coleta e manipulação de dados georreferenciados na área do polo produtor de milho no Estado de Sergipe:** tratam-se de ações que buscam o mapeamento da área produtora de milho no estado, sobretudo na região do Sertão Ocidental do Estado de Sergipe, por meio de imagens orbitais, dados tabulares e vetoriais, assim como a análise dos componentes fisiográficos e dos impactos ambientais no solo e nos corpos hídricos da área; nesse processo, a coleta de pontos georreferenciados do uso e ocupação do solo por meio de receptores GNSS é essencial para a mensuração da eficácia da classificação das imagens (GALINA et al., 2015).

- **Georreferenciamento de feições e elaboração do Cadastro Ambiental Rural (CAR) dos campos experimentais da Embrapa Tabuleiros Costeiros:** houve inscrição dos imóveis rurais da Embrapa Tabuleiros Costeiros no Sistema Federal Georreferenciado de Cadastro Ambiental Rural, de acordo com as leis 12.651/2012, 12.727/2012 e as disposições dos Decretos 7.830/2012 e 8.235/2014, e Instrução Normativa 2 e 3 de 2014. Para esse fim, houve o emprego de imagens orbitais óticas e de radar e a coleta de pontos com receptores GNSS, tanto da delimitação quanto das feições das propriedades, localizadas

nos municípios de Frei Paulo, Nossa Senhora das Dores, Itaporanga D’Ajuda, Umbaúba e Neópolis, no Estado de Sergipe (DOMPIERI et al., 2015).

- ***Georreferenciamento das psicultura de tabaquis e mensuração dos resultados de pesquisa epidemiológica realizada no Baixo São Francisco:*** o trabalho elucidou o resultado das pesquisas parasitárias (monogenéticos branquiais, nematóides, protozoários, myxosporídeos e crustáceos) e o correto manejo profilático dos tanques, nos estados de Sergipe e Alagoas. As psicultura foram georreferenciadas e mapas com a ocorrência e distribuição espacial dos parasitos foram elaborados (FUJIMOTO et al., 2015).

- ***Delimitação espacial dos municípios da área foco de atuação dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste:*** o processo de delimitação foi composto por operações de álgebra de mapas em ambiente georreferenciado, segundo as diretrizes definidas por uma comissão interna da Embrapa, com o objetivo de delimitação dos limites político-administrativos da área foco de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros (DOMPIERI et al., 2015).

- ***Georreferenciamento de doenças do milho no Nordeste do Brasil:*** o trabalho permitiu verificar os municípios de ocorrência das doenças denominadas enfezamentos pálido e vermelho do milho e do seu inseto-vetor, a cigarrinha *Dalbulus maidis*, em áreas de produção de Alagoas, Bahia e Sergipe, monitoradas com uso de receptores GNSS (SANTOS et al., 2015).

Referências

- ARANA, J. M. **Introdução à geodésia física**. Presidente Prudente: Departamento de Cartografia, UNESP, 2009. Notas de aula.
- BALMINO, G.; PEROSANZ, F.; RUMMEL, R. SNEEUW, N.; SUNKEL H. CHAMP, GRACE and GOCE: mission concepts and simulations. **Bolletino Di Geofisica Teorica ed Applicata**. Trieste, ITA, v. 40, n. 3-4, p. 309-319, sep-dec, 1999.
- BLITZKOW, D.; CINTRA, J. P.; PACILÉO NETTO, N.; FONSECA JUNIOR, E. S. **Informações espaciais II**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Transportes. Laboratório de Geodésia, USP, 2007. Notas de Aula.
- BLITZKOW, D.; MATOS, A. C. C. A evolução dos referenciais usados em Geodésia: a era moderna. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 3-16, 2002.
- CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A.; ARAGAO, R.; GOMES, L. J.; MARQUES, M. N.; SANTOS, R. C. L.; VIANA, R. D. **Base de dados do Projeto Japarutuba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. v. 1.
- DOMPIERI, M. H. G.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; SILVA, M. A. S.; SOUZA, R. A.; SALES, J. B. M. **O cadastro ambiental rural e a inscrição dos campos experimentais da Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015**. 63 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos 191).
- DOMPIERI, M. H. G.; RESENDE, R. S.; BARRETO, A. C.; CRUZ, M. A. S.; SILVA, A. A. G.; MELLO IVO, W. M. P.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; SILVA, M. A. S.; CUENCA, M. A. G.; FERNANDES, M. F. **Aspectos Fisiográficos e Delimitação da Área Foco de Atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015**. 59 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos 194).

ESA. European Space Agency. **What is Galileo**. disponível em: <http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_Galileo/What_is_Galileo> Acesso em: 13 out. 2014.

FERREIRA, J; TALAMINI, V. ; MORAES, A. C. Incidência da Resinose em Diferentes Genótipos de Coqueiro. In: Feira Internacional da Fruticultura Tropical Irrigada, 2009, Mossoró/RN. **Resumos da Feira Internacional da Fruticultura Tropical Irrigada**. Mossoró/RN, 2009.

FUJIMOTO R. Y.; ISHIKAWA M. M.; IWASHITA M. K. P.; MACIEL P. O.; BENAVIDES M. V.; HIDE D. M. V.; SILVA R. V. B.; SANTOS B. J.; PAIXÃO P. E. G.; CORREA JUNIOR E. C.; CHAGAS, E.C.; DOMPIERI M. H. G. **Doenças parasitárias e manejo profilático de tambaquis (Colossoma macropomum) na região do Baixo São Francisco**, 2015, 41 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos 195).

GALINA, M. H.; CARVALHO, S. S. ; NUNES, V. V. ; NOGUEIRA JUNIOR, L. R. Análise espaço-temporal do cultivo de milho em Sergipe, com auxílio de NDVI/EVI- Sensor Modis, no período de 2003-2012. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 2014, Aracaju. **Geotecnologias: inovações e desenvolvimento: anais**. Aracaju: UFS, 2014. GEONORDESTE, 2014.

GALINA, M. H.; NOGUEIRA JUNIOR, L. R. ; MELO, A. F. R. ; CARVALHO, S. S. . Aplicações de Sensoriamento Remoto no Zoneamento da RPPN do Caju , em Itaporanga D ajuda, SE. In: CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL , 4.; SEMANA DE ENGENHARIA FLORESTAL DA BAHIA, 3., 2013, Vitória da Conquista. **Mudanças climáticas globais: atuação e perspectivas da engenharia florestal do Nordeste: anais**, 2013.

GALINA, M. H.; NUNES, V. V. ; CARVALHO, S. S. ; NOGUEIRA JUNIOR, L. R. . Classificação multi-temporal de imagens orbitais de média resolução espacial para o município de Simão Dias (SE). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 5., 2014, Bom Jesus do Piauí. **Anais... Teresina: UFPI**, 2014. GEONORDESTE, 2014.

GEMAEL, C. **Introdução à geodésia física**. Curitiba: Editora da UFPR, 2002. 302 p.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **Global positioning system: theory and practice**, 5.^h ed. Berlim, GER: Springer-Verlag, 2001.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Proposta preliminar para a adoção de um referencial geocêntrico no Brasil**: documento preliminary: texto para discussão. Rio de Janeiro, 2000.

LEMOINE, F. G.; KENYON, S. C.; FACTOR, J. K.; TRIMMER, R. G.; PAVLIS, N. K.; CHINN, D. S.; COX, C. M.; KLOSKO, S. M.; LUTHCKE, S. B.; TORRENCE, M. H.; WANG, Y. M.; WILLIAMSON, R. G.; PAVLIS, E. C.; RAPP, R. H.; OLSON, T. R. **The development of the joint NASA GSFC and NIMA geopotential model EGM96**, 1998. Disponível em: http://bowie.gsfc.nasa.gov/697/staff/lemoine/EGM96_NASA-TP-1998-206861.pdf. Acesso em: 13 maio 2015.

LIU, J. BeiDou: China's Rapidly Emerging GNSS. In: **Inside GNSS. Engineering Solutions from the Global Satellite System Community**, may/june, 2013. Disponível em: <<http://www.insidegnss.com/node/3590>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

MCCARTHY, D. D. PETIT, G. **International Earth Rotation and Reference Systems Service**. Frankfurt am Main: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2004. 127 p. (IERS Technical Note, 32).

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações, 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 476 p.

NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; DOMPIERI, M. H. G.; RANGEL, M. S. A.; RODRIGUES, R. F. A.; MELO, A. F. R.; TEODORO, A. V.; MARTINS, C. R.; MORAES, E. F.; ANJOS, J. L.; CURADO, F. F.; SANTOS, A. S.; SOUZA, F. A.; BARROS, I.; CARVALHO, L. M.; CARVALHO, S. S.; NUNES, S. C. **Plano de Manejo Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Caju**. 2015. 86 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 187).

NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; MELO, A. F. R.; GUIMARAES, M. C.; AMORIM, J. R. A.; GALINA, M. H.; RANGEL, J. H. A. **Recomposição de mata ciliar por meio de semeadura direta**: germinação em campo

de espécies florestais. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico. 138).

PACILÉO NETTO, N.; BLITZKOW, D.; NERO, M. A.; FONSECA, E. S.; CINTRA, J. P. ARAUJO, S. C. Metodologia de integração de diferentes redes geodésicas para atualização cartográfica: estudo de caso em concessionária de energia elétrica. **IEEE Latin America Transactions**, New York, USA, v. 1, p. 48-56, 2003.

RESENDE, R. S.; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. **Atlas de qualidade das águas subterrâneas no Estado de Sergipe com fins de irrigação**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 46 p.

SANTOS, J. M. S. M.; TALAMINI, V.; SABATO, E. O.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA; C. M. Monitoramento da ocorrência de enfezamentos e da cigarrinha dalbulus maidisna cultura de milho nos estados de Sergipe, Bahia e Alagoas na safra 2014. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS, 5., 2015, Aracaju. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2015.

SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations, methods and applications**, 2. ed. Berlin; New-York: Walter de Gruyter, 2003. 589 p.

SEGANTINE, P. C. L. **Sistema de posicionamento global**. São Carlos: EESC/USP, 2005. 381 p.

SILVA, M. A. S.; MEDEIROS, S. S. ; MANOS, M. G. L. ; SIQUEIRA, E. R. Modelagem social computacional como instrumento de análise de sistemas sociais territoriais complexos: o caso do Território Sul Sergipano, Brasil. **Revista Campo – Território Revista de Geografia Agrária**, Uberlândia, v. 9, p. 55-85, 2014.

SIQUEIRA, O. J. W. de (Ed.). **Base de dados para o Estado de Sergipe: referências de solos para o desenvolvimento**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 1 CD-ROM.

URLICHICH, Y.; SUBBOTIN, V.; STUPAK, G.; DVORKIN, V.; POVALYAEV, A.; KARUTIN, S.; BAKITKO, R. GLONASS modernization, **GPS World**. 2011. Disponível em: <<http://gpsworld.com/glonass-modernization-12232>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

Embrapa

Tabuleiros Costeiros

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA