

# TENDÊNCIAS DA CARTOGRAFIA: NOÇÕES DE GEODÉSIA

# 19 aula

## **META**

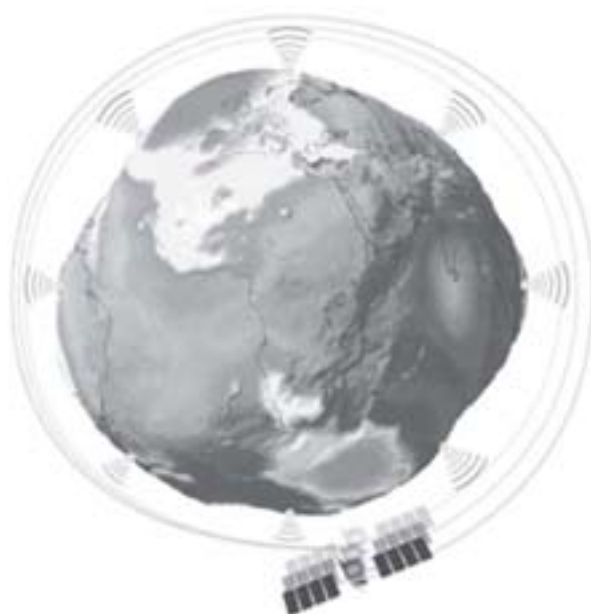
Apresentar as tendências e perspectivas atuais da cartografia.

## **OBJETIVOS**

Ao final desta aula, o aluno deverá:  
determinar o GPS de navegação relacionando com os métodos de localização anteriores;  
e identificar as informações obtidas com o GPS e sua transposição para o ambiente digital.

## **PRÉ-REQUISITOS**

Os tipos de relevos apresentados na aula 18.



(Fonte: <http://www.ma.fc.up.pt>).

O GPS (Global Positioning System) é um sofisticado sistema eletrônico de navegação, baseado em uma rede de satélites que permite localização instantânea em qualquer ponto da Terra.

## INTRODUÇÃO

Com o advento da era espacial, marcado pelo lançamento do satélite Sputnik pelos Russos (1957) e logo após com o lançamento do satélite Vanguard pelos Americanos (1958), teve início a utilização dos satélites para posicionamento geodésico. Assim como a I e II Grande Guerra foram as grandes responsáveis no desenvolvimento do sensoriamento remoto, a Guerra Fria financiou o início do desenvolvimento do Sistema de Posicionamento Global (GPS) em 1973.



(Fonte: <http://www.malima.com.br>).

O GPS foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, originalmente para fins militares, liberado com restrições para uso civil em 1977, e desde então vem sendo aprimorado, principalmente ao que diz respeito

aos aparelhos eletrônicos e programas computacionais.

O sistema GPS foi projetado para se obter o posicionamento instantâneo, bem como a velocidade de um ponto na superfície da Terra ou próximo a ela.

Representa atualmente uma nova ferramenta para cartografia e ciência afins, tendo o uso do GPS crescido significativamente nas atividades agrícolas. O Brasil é um país de extensão territorial e carente em informação georeferenciada, sendo o uso do GPS uma ferramenta promissora. Porém, a falta de conhecimento sobre o sistema pode vir a gerar dados georeferenciados com baixa precisão e de forma errônea.

Os satélites foram construídos em vários blocos, cada um com características particulares, incorporando novas mudanças ou desenvolvimento de equipamentos.

Bloco I: os satélites foram desativados em 1995, operavam com autonomia de 3,5 dias, possuíam sensores que detectavam explosões nucleares ocorridas na atmosfera ou no espaço, além de realizar o posicionamento na Terra.

## SATÉLITES GPS

Bloco II e IIA: são compostos por 28 satélites, os quais se referem à primeira e segunda geração de satélites GPS. Os satélites do Bloco IIA apresentam comunicação recíproca e maior capacidade de armazenamento de dados de navegação.

Bloco IIR: terceira geração de satélites GPS vem substituindo os satélites do bloco IIA. A principal mudança é a capacidade de medir distâncias e calcular as efemérides no próprio satélite transmitindo estas informações entre os satélites e para o sistema de controle da Terra. Esses satélites carregam padrões de frequência altamente estáveis oriundos dos osciladores atômicos de césio e rubídio. Começaram a ser lançados em 1997 (atualmente com 8 satélites em órbita).

Bloco IIF: quarta geração de satélites GPS, deverá substituir a IIR e será composta de 33 satélites, sendo que estes poderão carregar osciladores máster de hidrogênio considerados até o momento como sendo os melhores, além de outras modernizações. Lançamentos programados para 2007.

## CARACTERÍSTICAS DO SINAL GPS

Os sinais emitidos pelos satélites são transmitidos através de ondas (portadoras), sendo:

$L_1$ : com frequência 1575.42 MHz e 19 cm de comprimento de onda.

$L_2$ : com frequência de 1227.60 MHz e 24 cm de comprimento de onda.

As ondas portadoras são moduladas a uma frequência de pulsos:

Código P: (precision code) com frequência de 10.23 MHz, esse código se repete a cada 267 dias.

Código C/A: (coarsel /aquisition code) com frequência de 1.023MHz e repetida a cada milissegundo.

Código Y ou AS: (anti spoofing) gerada a partir de uma equação secreta e tem função de controlar o uso do sistema.

Alem do código Y ou AS, o departamento de defesa dos EUA incluía um erro proposital na mensagem enviada pelo satélite conhecida como “selective Avaitabili” ou S/A. Esse erro proposital foi retirado em 1999, pelo presidente americano Bill Clinton.

Dessa forma, a portadora  $L_1$  é modulada com os códigos C/A, P. Sendo a  $L_2$  apenas com devido código P.

Devido à frequência mais alta (10.23MHz), o código P fornece uma maior precisão na determinação das coordenadas, sendo seu uso restritivo para fins militares.

A portadora  $L_2$  tem a principal função de corrigir o clock do satélite melhorando assim os cálculos do posicionamento.

## SEGMENTO DO SISTEMA GPS

O GPS consiste de três segmentos principais, o espacial, de controle e de usuários.

### SEGMENTO ESPACIAL

É composto por uma constelação de 24 satélites mais 4, que orbitam ao redor da Terra a uma altitude de 20.200 km. Os satélites são distribuídos em 6 planos orbitais, sendo que cada plano tem 4 satélites. Os planos orbitais apresentam uma inclinação de  $55^\circ$  em relação ao equador, com um período de revolução de 12h siderais.

Essa configuração garante que, no mínimo, quatro satélites GPS sejam visíveis em qualquer lugar da superfície terrestre ou acima dela a qualquer hora do dia ou da noite.



Figura 1. Satélites

## SEGMENTO DE CONTROLE

Monitoram continuamente a posição e a trajetória da constelação de satélites, recalculando novos parâmetros orbitais em intervalos regulares várias vezes por dia, além de introduzir no sistema informações adicionais, como condições da ionosfera, por exemplo. Além da atualização das efemérides (parâmetros definidores da posição do satélite em um determinado instante), o segmento de controle calcula parâmetros para correção dos efeitos ionosféricos, correções dos relógios dos satélites atestam a saúde dos satélites validando suas mensagens e comanda as manobras de reposicionamento dos satélites periodicamente em suas próprias órbitas. A MCS situa-se na base aérea de Schriever em Colorado Springs, Colorado, EUA.

Tem como principais tarefas:

Manter e controlar continuamente o sistema de satélites

Controlar o tempo GPS

Calcular as correções dos relógios dos satélites

- Predizer as efemérides dos satélites
- Atualizar periodicamente as mensagens de navegação dos satélites
- Controle de degradação do sinal
- Lançamento de novos satélites

## SEGMENTO DOS USUÁRIOS

Pode ser dividido em civil e militar, sendo que para uso civil existe restrição quanto à precisão.

**Uso militar:** posição e deslocamento de tropas, navegação em geral, lançamento de mísseis em alvos inimigos, entre outros.

**Uso civil:** navegação nos meios de transporte, caminhamentos, movimentos de placas tectônicas, esportes radicais, correção geométrica de aerofotos e imagens de satélites, levantamentos topográficos, estudos geodésicos, agricultura de precisão, entre outros.

## PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

De uma forma resumida pode-se dizer que o posicionamento GPS é realizado por meio de uma triangulação entre os satélites e o receptor GPS (Figura 2).

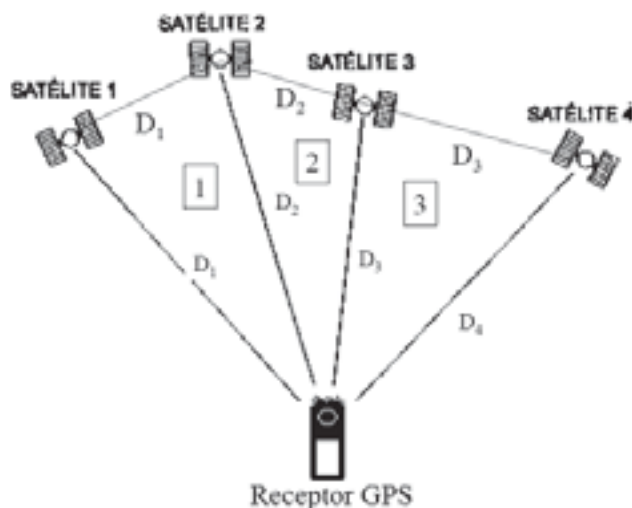


Figura 2. Sistema de Recepção.

O cálculo da posição de um ponto de coordenadas  $x$ ,  $y$  e  $z$ , através do GPS, inicia-se pela determinação das distâncias ( $D$ ) entre o receptor e pelo menos três satélites (posição  $X$  e  $Y$  apenas). Como o posicionamento exato dos satélites no espaço é conhecido e monitorado, temos todas as distâncias ( $d$ ) entre os satélites. Dessa forma é possível realizar a triangulação, onde essa situação reduz a apenas duas as possibilidades das coordenadas do ponto onde está o receptor. Através de programação computacional os receptores distinguem entre essas duas coordenadas qual é a posição correta, uma vez que uma das posições é normalmente absurda.

Como existe uma defasagem entre o relógio do receptor (quartzo) - menor precisão- e o relógio do satélite (atômico) - maior precisão, a sincronia do sinal não é perfeita, sendo necessários pelo menos quatro satélites para a determinação das coordenadas  $x$ ,  $y$  e  $z$ .

Para que seja possível se realizar a triangulação, o sistema determina a distância do satélite ao receptor através da diferença de tempo que um sinal de rádio ( $L_1$ ,  $L_2$  e código) leva ao sair do satélite e chegar ao receptor e do receptor ao satélite, a qual é possível através da geração simultânea e sincronizada dos sinais idênticos pelo satélite e pelo receptor GPS.

## POSICIONAMENTO

O posicionamento necessita da recepção simultânea de pelo menos quatro satélites, de cujos sinais e mensagens se pode obter parâmetros e equações que permitem resolver as incógnitas e, ou seja, as três coordenadas espaciais (local da antena do usuário) e mais o tempo (ou instante do sinal recebido).

O ponto de partida é o conhecimento preciso da distância que separa o receptor de cada um dos satélites em órbita, que é obtida pela mensuração do tempo gasto pelo sinal para viajar do satélite ao receptor. Isto é possível graças aos relógios atômicos

existentes em cada satélite, que emitem apurados sinais de tempo e aos relógios de quartzo embutidos nos receptores. Em outras palavras, conhecendo-se o momento exato em que o sinal foi emitido pelo satélite e o momento em que ele chegou ao receptor, tem-se o tempo de viagem do sinal. Sabendo que o sinal viaja à velocidade da luz, de aproximadamente 300.000 km/s, pode-se calcular a distância do satélite ao receptor.

Sabendo a distância do receptor a um único satélite e, sabendo a posição do satélite, que é enviada no sinal GPS, o conjunto de possíveis localizações do receptor em torno do satélite descreve uma esfera no espaço. Conhecendo a distância do receptor a um segundo satélite, as possibilidades de localização do receptor se restringem a uma circunferência, que é a interseção das duas esferas que possuem, cada uma, um satélite em seu centro.

Já com um terceiro satélite, é possível restringir a possibilidade de localização do receptor a apenas dois pontos, sendo um deles a real localização do receptor, e o outro um ponto fora da superfície da Terra. É necessário um quarto satélite para confirmar a posição do receptor, já que a interseção entre quatro esferas secantes define um único ponto. O cálculo da posição é realizada pelos processadores e softwares dos receptores, de forma que o usuário recebe diretamente a sua posição em coordenadas.

A possibilidade de determinar diretamente as coordenadas de um local tornou o GPS um recurso inestimável para a obtenção de dados para mapeamento, pois os dados são automaticamente georeferenciados. São úteis em atividades de monitoramento ambiental e elaboração de cartas temáticas, bem como atualização de bases cartográficas. Como os dados GPS são obtidos já em meio digi-



(Fonte: <http://www.portalppc.com>).

lização de bases cartográficas. Como os dados GPS são obtidos já em meio digi-



tal, podem ser facilmente transferidos para computador. Existem inúmeros softwares para descarregar e carregar dados de receptores GPS.

## DADOS EM GPS

O cálculo de posição no receptor GPS é automático, atualizado uma vez por segundo. A única preocupação que precisamos ter é com o uso e armazenamento destes dados. Cada posição é expressa por quatro coordenadas: três espaciais e uma temporal. As espaciais são a longitude, a latitude e a altitude. Já a coordenada temporal é a data e hora da obtenção da posição. Esses dados podem ser armazenados na memória do receptor de diversas formas:

*Waypoint:* é uma posição  $(x,y,z,t)$ , associada a um nome. O armazenamento do waypoint é comumente chamado de “marcar um ponto”.

*Trackpoint:* é uma posição armazenada em memória, mas sem qualquer nome ou outra referência, apenas as coordenadas  $x, y, z$  e  $t$ .

*Tracklog:* é um conjunto de trackpoints ordenados em função da coordenada  $t$ , ou seja, é uma “trilha” percorrida pelo receptor, onde os pontos estão na mesma ordem em que foram calculados. Alguns receptores podem armazenar um único tracklog, enquanto outros armazenam até uma dezena ou mais.

*Route:* é um conjunto de waypoints escolhidos pelo usuário.

## TRANSFERÊNCIA DE DADOS GPS PARA COMPUTADOR

Os dados armazenados no receptor podem ser transferidos para um computador ou do computador para o receptor com o uso de cabo. No computador estes dados podem ser usados como entrada em Sistemas de Informa-

ção Geográfica ou programas de cartografia, bem como ser armazenados e posteriormente copiados para um receptor. Também é possível copiar para o receptor dados obtidos de outras fontes.

## NAVEGAÇÃO COM GPS

Sabendo apenas a posição atual, já é possível calcular um rumo para determinada posição. No entanto, os receptores GPS trazem embutidas algumas funções muito úteis para a navegação. Uma destas funções é a possibilidade de introduzir um waypoint sem estar na sua posição, mas lendo uma coordenada em carta, por exemplo. Assim, é possível calcular automaticamente um rumo para determinado *waypoint* com a função *go to* ou ir para. Este rumo é atualizado automaticamente a cada segundo.

Outra função importante é o *trackback*, ou trilha inversa, que consiste em percorrer determinada trajetória anteriormente armazenada, tanto no sentido inverso como direto.

Como a posição e a hora são calculadas a cada segundo, é possível derivar uma série de outras informações, como proa, velocidade atual, velocidade média, velocidade máxima, tempo de caminhada, distância percorrida, tempo estimado de chegada, hora de alvorada e ocaso.

**T**odos os dados imagináveis que ocupem uma posição no espaço na Terra podem ser georeferenciados, com aparelhos GPS. Aos pontos georeferenciados podem-se associar vários atributos, os quais podem ser colocados em planos de informações diferenciados. Dessa forma, inicia-se a montagem de um banco de dados em um Sistema de Informações Geográficas. O GPS promove a interação dos dados na superfície terrestre e o SIG.

## CONCLUSÃO

### RESUMO



O GPS (Global Positioning System) é um sofisticado sistema eletrônico de navegação, baseado em uma rede de satélites que permite localização instantânea em qualquer ponto da Terra, com uma precisão quase perfeita. O sistema consiste basicamente em três partes: segmento espacial, complexo sistema de satélites orbitando ao redor da Terra, estações rastreadoras localizadas em diferentes pontos do globo terrestre e receptores GPS nas mãos dos usuários.

O segmento espacial, responsável pelo lançamento dos satélites e geração de sinais; segmento de Controle Terrestre, responsável pelo monitoramento dos satélites e suas correções; segmento do usuário que corresponde aos equipamentos receptores e o processamento das informações.

Atualmente, o sistema GPS possui em órbita um constelação de 24 satélites distribuídos em 6 planos orbitais. Cada plano possui uma inclinação de  $55^\circ$  em relação ao plano do equador. Essa configuração permite visibilidade de, no mínimo, 4 satélites em qualquer ponto da Terra. Os satélites estão em uma altitude 20.200 km e completam uma revolução em torno da Terra em aproximadamente 11 horas e 58 minutos.



## ATIVIDADES

De posse de um aparelho de GPS, vamos refazer a atividade da aula 6 para comparar os métodos de aquisição das informações espaciais.

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

O uso de GPS está cada vez mais adentrando na nossa vida doméstica. Com isso, torna-se necessário o desenvolvimento de conceitos espaciais de localização e relação para que possamos entender melhor o contexto que nos cerca.

---

## PRÓXIMA AULA



Na próxima aula você estudará mais aprofundadamente o significado dos sistemas de informações geográficas.

---

## REFERÊNCIAS

- FITZ P. R. **Cartografia básica**. Canoas: La Salle, 2000.
- MÔNICO. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: UNESP, 2000.
- IBGE. Noções básicas de Cartografia. **Manuais Técnicos em Geociência**. n.8, 1989.