

NÓVO PROCESSO NO ESTABELECIMENTO DO APOIO FUNDAMENTAL

Eng.^o DORIVAL FERRARI

Diretor do Departamento de Geodésia e Topografia do Instituto Brasileiro de Geografia — Fundação IBGE.

BIBLIOGRAFIA

- Relatório do Laboratório de Física Aplicada da Universidade John Hopkins.
- Prospectos dos fabricantes do Geociever.

Parece ter chegado o momento de solucionar definitivamente o problema do Apoio Fundamental em todo o território brasileiro, mesmo para as regiões consideradas, até o momento, impenetráveis, utilizando-se os métodos convencionais de triangulação, trilateração ou de medição de distâncias por meio de aparelhos eletromagnéticos e eletroóticos.

Essa solução vem com o progresso da ciência e da tecnologia, nesta era espacial em que vivemos.

Os satélites artificiais foram lançados ao espaço, não apenas para enviarem informações acerca das condições meteorológicas ou de outras notícias do cosmos, mas ainda para nos proporcionar orientação e posição.

A Técnica do Sistema Doppler

Quando o primeiro "Sputnik" foi lançado ao espaço, dois físicos pesquisadores do Laboratório de Física Aplicada da Universidade John Hopkins notaram que a variação de frequência pelo efeito Doppler, do satélite, podia ser plotada como uma curva de frequência contra o tempo, através da qual se poderia conhecer a órbita desse satélite. Também concluíram aqueles cientistas que a informação obtida pelo registro de uma simples passagem do satélite podia fornecer a descrição de sua órbita completa.

Aproveitando esta técnica, o Sistema de Navegação por Satélite da Marinha utiliza o conhecimento exato da órbita do satélite para determinar a posição da estação receptora.

O que se mede basicamente no Sistema Doppler é a componente da velocidade do satélite aproximando-se ou afastando-se da estação observadora. Se se medir essa velocidade num determinado período de tempo, como dois minutos por exemplo, e, se se multiplicar cada aumento de velocidade pelo tempo restante, obter-se-á a diferença de distância do satélite, no começo e no fim do intervalo de tempo dado. Esta diferença de distância define um hiperbolóide que tem focos nas posições do satélite, no começo e no fim do intervalo de tempo, podendo-se concluir que a estação receptora está situada em algum lugar da superfície assim definida. Observando-se durante dois outros intervalos de tempo, obtêm-se dois outros hiperbolóides e a intercessão deles dá a posição da estação rastreadora (fig. 1).

De início o Sistema Doppler com satélite foi desenvolvido para estudos detalhados da estrutura do campo gravitacional da Terra. Os sinais Doppler para orientação, emitidos pelos satélites Geos ou outros, são rastreados por uma série de 13 estações da Marinha dos Estados Unidos, espalhadas pelo mundo inteiro; a de São José dos Campos, SP, é uma delas.

As medições com o Sistema Doppler proporcionam, também, informações diretas à Geodésia Geo-

métrica, na determinação de posições na superfície da Terra, em oposição aos estudos da dinâmica dos satélites ou do campo gravitacional da Terra.

Feitas essas preliminares, passemos à descrição do aparelho que está sendo fabricado comercialmente, porque o protótipo já foi construído e testado — para receber e registrar os sinais Doppler emitidos pelos satélites artificiais.

Receptor Geodésico Doppler Integrado

O Geociever (geodetic Receiver) foi desenvolvido visando a conseguir um compacto e portátil equipamento destinado a levantamentos e à obtenção de outras medidas geodésicas, por meio de satélites.

O Geociever é capaz de rastrear tanto os sinais de 150 e 400MHz de frequência, transmitidos pelos satélites de navegação da Marinha Americana, quanto os de 162 e 324MHz de frequência dos satélites geodésicos.

Além da compacidade e portabilidade, outros objetivos visados no projeto do Geociever são:

- a) precisão igual ou melhor que outros receptores de dados Doppler de satélites artificiais;
- b) facilidade para instalar e operar;
- c) condições que permitem testar e verificar sua própria operação no campo;
- d) não necessitando de assistência permanente, sua operação é automática; e
- e) opera numa faixa variável de baixa potência.

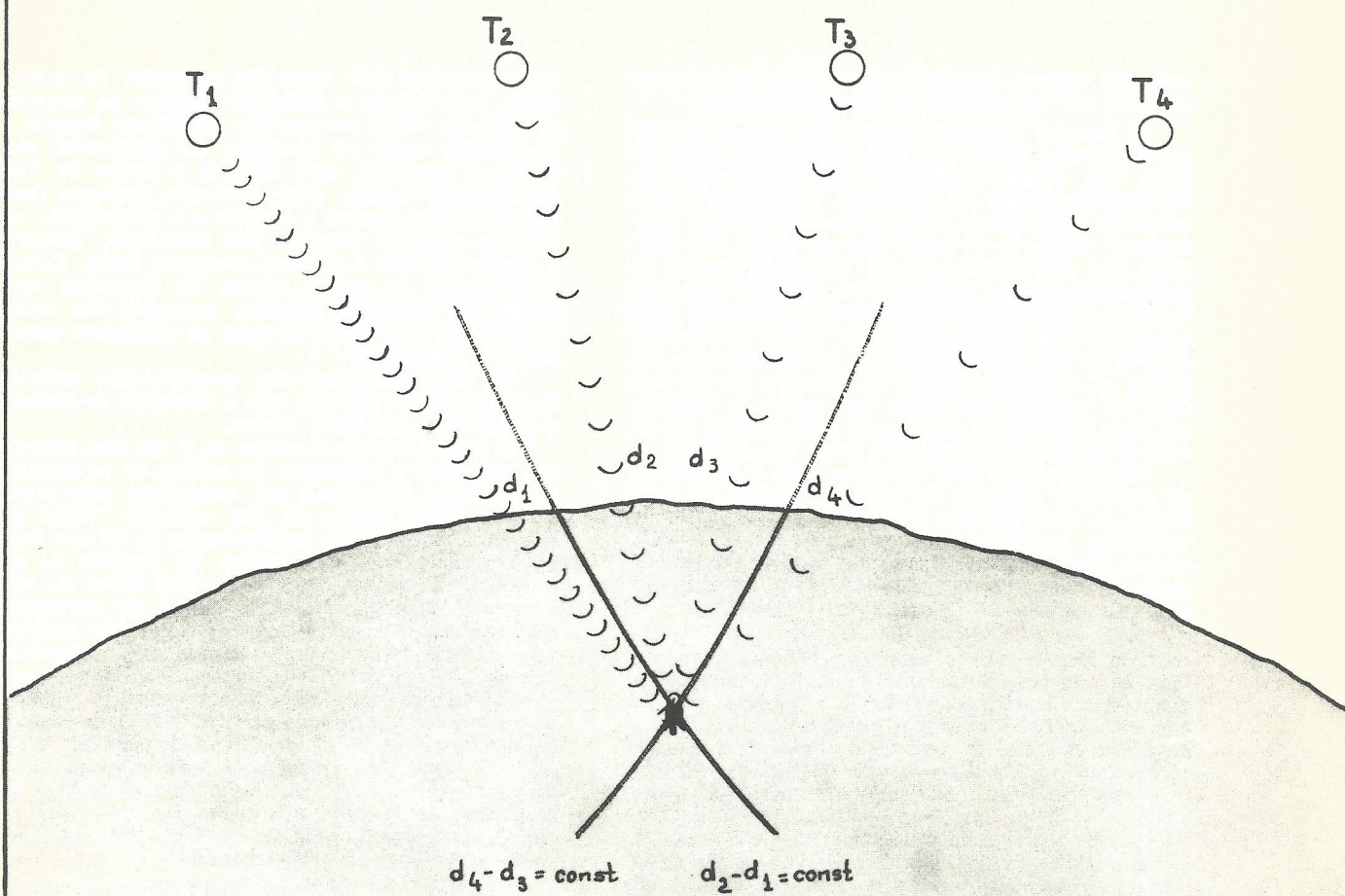
A companhia escolhida e contratada para fabricação desse aparelho foi "Laboratórios de Pesquisas Magnavox", de Fort Wayne, Indiana. Em outubro de 1968 ficou pronto o projeto do protótipo e em fevereiro de 1970 foi feita a primeira encomenda desse equipamento.

Passemos à descrição do Geociever do Magnavox:

O Geociever AN/PRR-14XC-1 é uma estação rastreadora de satélite portátil e altamente precisa, destinada a executar levantamentos, utilizando satélites artificiais. O equipamento consiste de três partes principais, a saber: a antena preamplificadora, o receptor propriamente dito e o gravador de fita. Este equipamento pode juntar precisos dados de Doppler e de refração ionosférica, registrando os sinais emitidos pelos satélites geodésicos ou de navegação, nos pares de frequências 150/400MHz ou 162/324MHz. Com estes dados, os quais são registrados no gravador de fitas, e um programa apropriado de computador, pode-se determinar as coordenadas geodésicas da localização da antena do Geociever.

O Geociever é composto de partes prontamente portáteis, podendo ser enviado rápida e economicamente para regiões afastadas; e ainda, como o Geociever pode procurar e obter dados emitidos pelos satélites apropriados, esse equipamento pode ser dei-

SISTEMA DOPPLER



OS REGISTROS DOPPLER
FORNECEM A DIFERENÇA
EM DISTÂNCIA ENTRE O
INÍCIO E O FIM DO IN-
TERVALO DE TEMPO

A INTERCESSÃO DOS
HIPERBOLÓIDES DEFINE
A POSIÇÃO DA ESTA-
ÇÃO RASTREADORA

FIG. 1

NÔVO PROCESSO NO ESTABELECIMENTO DO APOIO FUNDAMENTAL

xado em lugares afastados, sem necessidade de ser operado, por um período de algumas semanas.

O receptor Geoceiver possui dois canais, de dupla frequência, assim, os sinais transmitidos pelo satélite nas duplas frequências de 162/324MHz ou 150/400MHz podem ser recebidos, registrados e processados. Observando a fotografia do Geoceiver Magnovox — figura 2 —, vemos que os sinais são recebidos por uma antena singela. Preamplificadores de radiofrequência são montados na unidade preamplificadora, a qual é conectada embaixo da antena, para assegurar o mais baixo índice de barulho possível ao sistema e os sinais ampliados do satélite são enviados ao receptor, através de um cabo de até 100 pés. Um receptor que opera com pares de frequência fixas (primário) é empregado para rastrear os sinais do satélite, tanto em 324 como em 400MHz.

Comparando o sinal recebido com a frequência de referência derivada do oscilador estável de referência, um sinal Doppler é obtido, o qual consiste da frequência equivalente menos a frequência transferida do sinal recebido. O receptor proporciona, ainda, sinais de tempo, derivados da fase de modulação dos sinais do satélite de navegação da Marinha.

Para prever a medida do erro de frequência da refração ionosférica, os satélites geodésicos transmitem, pelo menos, duas fases de sinais coerentes. A discrepância entre os dois sinais e a exata fase de coerência quando recebidos representam a primeira ordem de medidas do erro de refração. O Geoceiver obtém esta medida escravizando o segundo receptor de frequência fixa à fase primária receptora. Deste modo, a saída de frequência do receptor secundário ou subordinado é feita proporcionalmente à falta de coerência entre os dois sinais recebidos, dando, desta maneira, a desejada medida do erro de refração ionosférica.

O receptor subordinado ou escravo opera na mais baixa frequência de cada um dos pares de frequência do satélite, 162/324 e 150/400MHz.

Para relacionar as posições em órbita do satélite com a localização da antena do Geoceiver, correta refração dos dados Doppler deve ser obtida.

Uma medição Doppler integrada é empregada, na qual é feita uma contagem contínua do número de ciclos do sinal Doppler, proporcionada pelo receptor primário. Aproximadamente a cada 60 segundos durante a passagem do satélite, a contagem Doppler acumulada é recebida, registrada na fita e o contador Doppler é recolocado em zero. Essa operação ocorre dentro do intervalo de tempo entre a contagem de um ciclo e a próxima, de modo que cada ciclo do sinal Doppler é registrado e nenhum é perdido. O contador de refração efetua a contagem de ciclos do sinal de refração recebido do receptor subordinado ou escravo, registra e recoloca em zero simultaneamente com o contador Doppler. As contagens dos ciclos de refração fazem parte dos dados obtidos e que

serão utilizados mais tarde por um centro de computação, para efetuar a contagem Doppler da correção de refração. Cada vez que os contadores Doppler e de refração estão em operação, um cronômetro eletrônico é modulado para registrar o tempo do final da contagem Doppler. Como nenhuma contagem Doppler é perdida durante o registro e a recolocação em zero do contador Doppler, isto representa, também, o tempo em que a próxima contagem inicia. Consequentemente, os dados obtidos do Geoceiver consistem de: contagens Doppler, contagem dos ciclos de refração e o tempo no qual as contagens começaram e terminaram.

Os sinais de tempo são recebidos dos satélites de navegação da Marinha com a finalidade de calibrar o cronômetro eletrônico interno.

O sinal de tempo consiste de 6 103 bits binários que compõem a mensagem do satélite de navegação. A mensagem permanece por exatamente dois minutos e o único modelo de bits chamado "térmo de sincronização" precede imediatamente ao bit que marca o instante do minuto inteiro. Os circuitos de recuperação do tempo reconhecem este térmo de sincronização e, por interpolação dentro da mensagem recebida, as marcas do minuto inteiro são obtidas. Estas marcas de tempo são usadas para determinar o início e o fim de cada contagem Doppler, de modo que os tempos registrados pelo cronômetro eletrônico podem ser comparados com os tempos calculados da recepção dos sinais de tempo do satélite. Deste modo, o centro de computação obtém a calibração do cronômetro para cada passagem do satélite de navegação da Marinha, e a calibração para todas as outras passagens de satélites pode ser calculada por interpolação com bastante precisão.

As marcas de tempo do minuto inteiro, para controle das contagens Doppler, são obtidas por meio do cronômetro eletrônico interno, para todos os outros satélites, além dos satélites de navegação da Marinha.

A precisão da determinação de posições empregando-se o Geoceiver é uma função de muitos fatores, alguns dos quais são:

- a) número das passagens do satélite rastreadas;
- b) precisão da determinação da órbita do satélite;
- c) magnitude dos erros na determinação da refração ionosférica; e
- d) precisão dos dados sobre condições e ambientes utilizados no cálculo da refração atmosférica.

Mesmo assim, prevêm os fabricantes do Geoceiver que, esse aparelho, quando utilizado na determinação de posição, tendo o registro acumulado do rastreamento de várias passagens dos satélites, oferece uma garantia de localização do ponto, dentro de um círculo de 2,50 metros de raio.

Magnavox

GEOCEIVER

