

RI

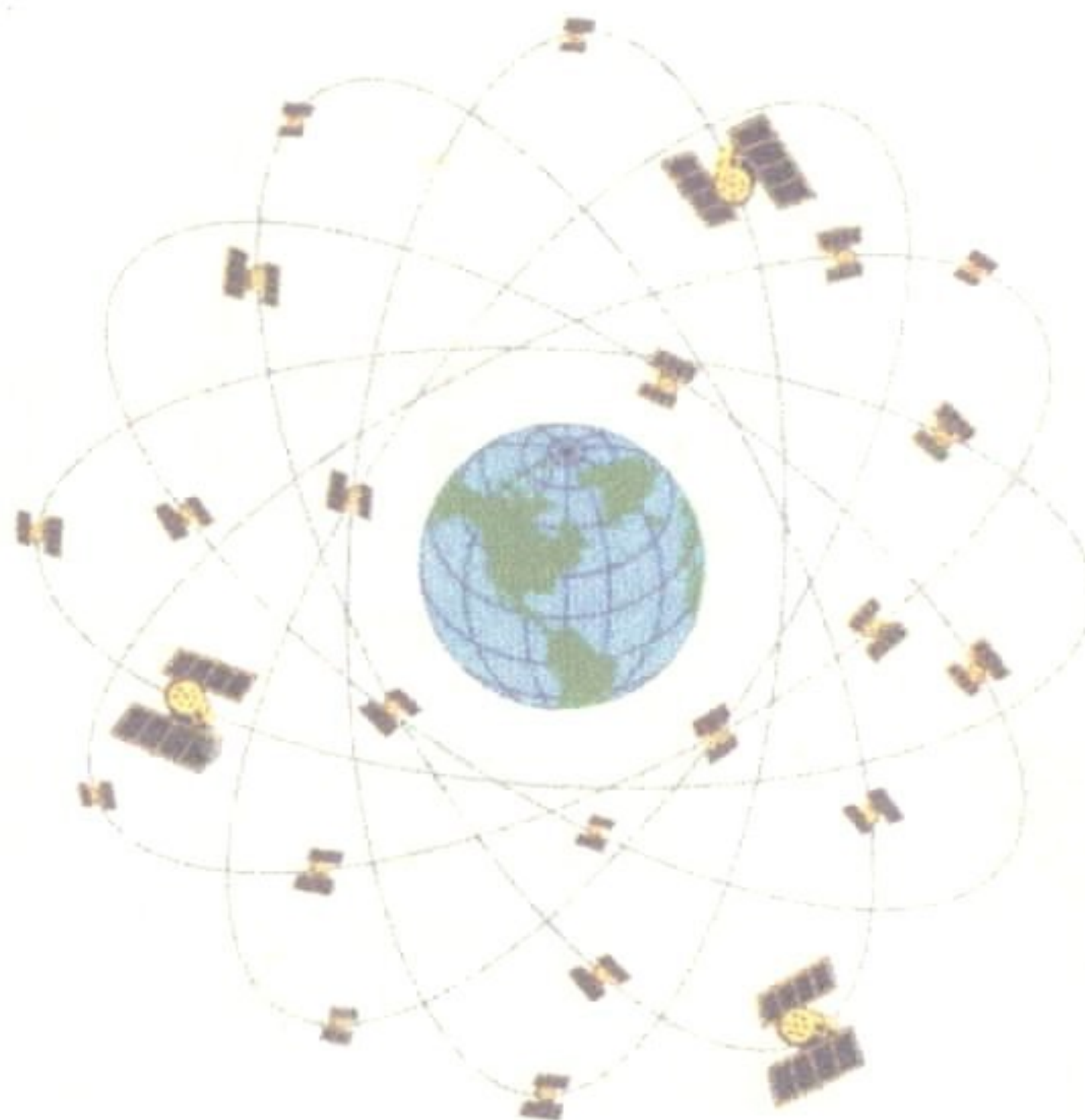
455

Tambo 004617



**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE**

199  
F. 2004



**SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL - GPS  
O MODELO EM USO NA CPRM  
Versão 1.0**

**Autores**

**SEBASTIÃO MILTON PINHEIRO DA SILVA  
CLAUDIO SCHEID**

**Recife  
Novembro/1994**



RI

455

*Tombo 004617*

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE**



*J99  
F-2004*



**SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL - GPS  
O MODELO EM USO NA CPRM  
Versão 1.0**

**Autores**

**SEBASTIÃO MILTON PINHEIRO DA SILVA  
CLAUDIO SCHEID**

**Recife  
Novembro/1994**

## APRESENTAÇÃO

Este documento reúne alguns conceitos básicos sobre a tecnologia GPS (Global Positioning System) necessários para se entender o modo de funcionamento dos modelos em uso na CPRM, o ENSIGN GPS e o ENSIGN XL GPS, ambos da Trimble Navigation, trabalhando para efeitos de cadastramento e posicionamento. O trabalho está dividido em duas partes:

A primeira parte contempla os fundamentos básicos e resulta da pesquisa e estudos voltados para a utilização do modelo ENSIGN GPS, no Projeto Alto Pajeú, e de notas de aulas proferidas pelo Prof. Günther Seeber, da Universidade de Munique, durante breve curso realizado na Universidade Federal de Pernambuco.

A segunda parte do trabalho trata especificamente do equipamento ENSIGN GPS em uso na Superintendência Regional de Recife e resulta da tradução de parte do manual, no capítulo relativo à leitura de coordenadas geográficas.

O documento não está finalizado, pois há a pretensão de aprofundar o assunto, visando outras aplicações e especificações não abrangidas nesta primeira versão. O universo do GPS é vasto e, sob determinados aspectos, bastante complexo, assim como as suas aplicações nos campos da Geodésia e da Geodinâmica. Assim sendo, o documento reporta-se aos fundamentos necessários à utilização do ENSIGN GPS.

O que se pretende com o documento é facilitar o entendimento do usuário nas operações básicas do instrumento, que representa a sétima geração de aparelhos desse tipo desenvolvido pela empresa Trimble Navigation, da Califórnia, EUA.

Sugestões serão bem aceitas e avaliadas para o aperfeiçoamento do documento, buscando o melhor aproveitamento possível dos equipamentos nos trabalhos da SUREG-RE.



# SUMÁRIO

## INTRODUÇÃO

## FUNDAMENTOS BÁSICOS

O que se mede

Significado e importância dos sinais Pseudo-Random-Noise (PRN)

## ESTRUTURA DO SISTEMA

Segmento espacial

Segmento de controle

Segmento dos usuários

## A POSIÇÃO DOS SATÉLITES NO ESPAÇO

## EFEITOS QUE INFLUENCIAM NA PRECISÃO

A necessidade de uma medida adicional

Os erros inerentes ao sistema

A influência da geometria dos satélites

## GPS DIFERENCIAL

## CLASSIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE RECEPTORES

## POSSIBILIDADES DE EMPREGO DO GPS

## O ENSIGN GPS

Teclas de função

Posição

Como preservar a leitura

O modo "Edit"

Tecla "WPT"

Tecla "Setup"

Termos de navegação

Instalação das pilhas

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da Humanidade o ser humano debate-se com problemas de localização na superfície da Terra. No princípio, ele colocava pedras para assinalar onde estava e para se orientar, mas a marcação com pedras só funcionava quando não havia neve ou tempestades de areia ou chuva para encobri-las. Quando alcançou os oceanos, não havia como fazer marcas com pedras e ele passou então a estudar e se orientar pelas estrelas. As estrelas, por sua vez, só podem ser observadas à noite, e em noite clara.

Embora, na era moderna, a navegação celestial conte com excelentes instrumentos de medidas de posição, ela sofre várias restrições, como de alcance (Sistema tipo LORAN) e por problemas de interferência elétrica. O sistema TRANSIT ou SATNAV, que também utiliza sinais de satélite e praticamente deu origem ao sistema GPS, é limitado pelo reduzido número de satélites e pelas suas órbitas que são muito baixas.

O Sistema de Posicionamento Global - GPS (**G**lobal **P**ositioning **S**ystem), também conhecido como NAVSTAR-GPS (**N**avigation **S**atellite **T**ime **A**nd **R**anging) foi criado pelo sistema de defesa americano, especialmente para atender às necessidades de navegação aérea e marítima, ao redor da Terra, das forças armadas americanas.

O sistema GPS pode ser imaginado como o substituto das estrelas, tradicionalmente utilizadas pelo homem para navegação. Com gastos de cerca de US\$ 10 bilhões para sua implantação, o sistema GPS foi estruturado para fornecer medidas com precisão milimétrica, em qualquer parte do mundo, durante 24 horas. Por se tratar de um sistema de defesa, está longe de sofrer interferências ou quebras.

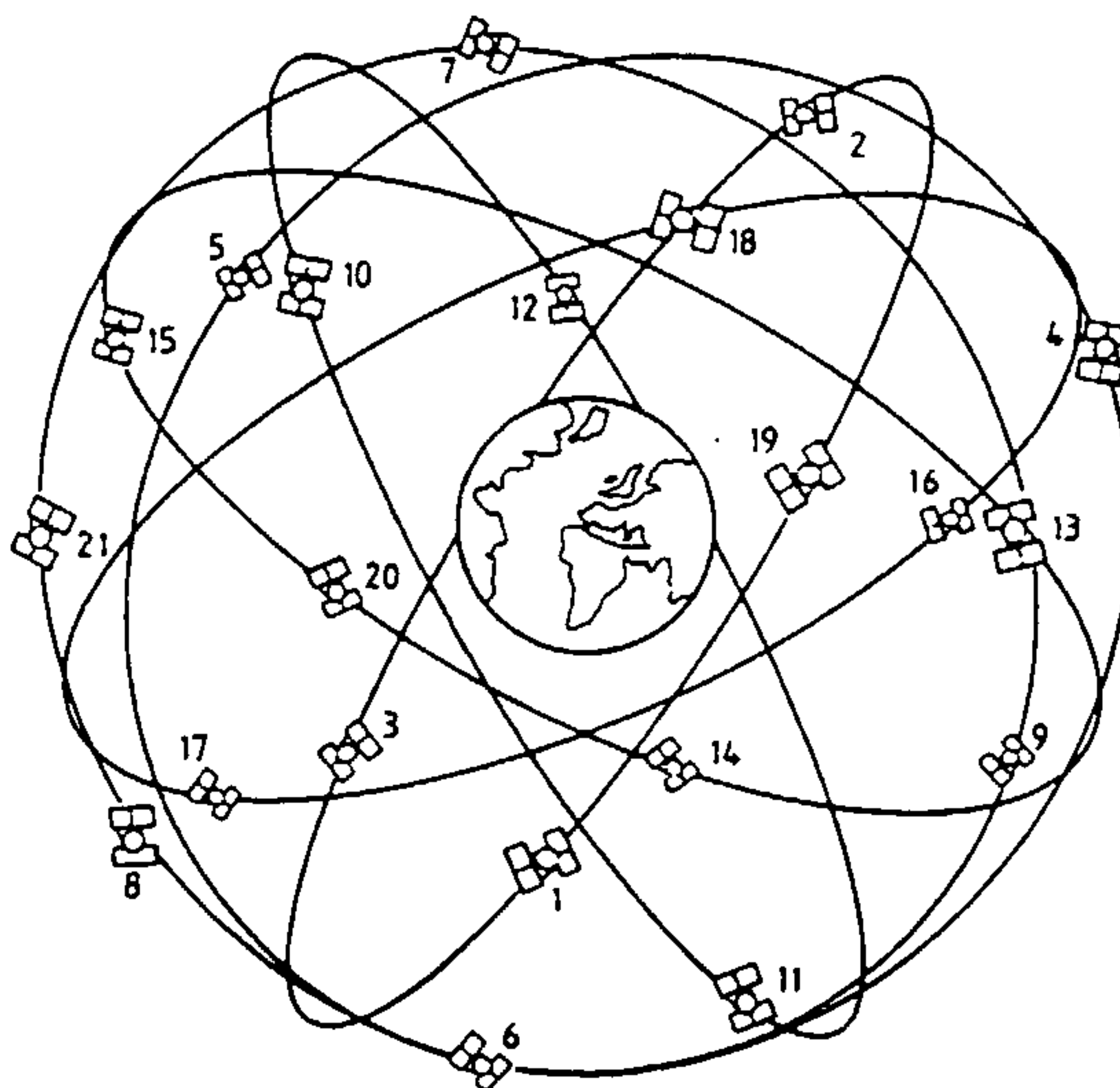
A tecnologia dos circuitos integrados permite fabricar instrumentos cada vez menores e mais baratos. Da mesma forma que o telefone, com aplicações praticamente ilimitadas, o GPS servirá na destinação de veículos de carga e transportes, nos serviços de emergências e de bombeiros e, os automóveis poderão contar com mapas digitais onde constarão rotas para qualquer destinação, algo que já ocorre no Japão. Ali muitos táxis, além de nomes e endereços, carregam mapas digitais com a localização GPS precisa armazenada em bancos de dados pessoais. A expectativa de cientistas e usuários em todo mundo é de que com tanta tecnologia o homem saiba melhor estruturar e otimizar as condições de vida na Terra.

## FUNDAMENTOS BÁSICOS

### O que se mede

O sistema GPS foi desenvolvido para que em qualquer lugar do mundo e a qualquer momento, o usuário possa obter dados de, pelo menos, quatro satélites acima do plano do horizonte do observador, garantindo as condições geométricas mínimas para a navegação em tempo real.

A tecnologia se baseia em medidas de distâncias da Terra a uma constelação de satélites, que funcionam para o observador como pontos de referência precisos, permitindo a triangulação da sua posição, **Figura 1**.



**Figura 1 - Constelação de satélites GPS**

A distância até o satélite é dada pela velocidade do sinal multiplicada pelo tempo gasto. A velocidade do sinal (ondas de rádio) é a velocidade da luz e o tempo é fornecido por relógios de alta precisão com leituras de nanossegundos ( $10^{-9}$  segundos). Para saber o momento exato em que o sinal deixa o satélite, receptores e satélites estão sincronizados com mesmo código, no mesmo momento.

Ao receber o sinal o sistema identifica o código e verifica quanto tempo o receptor gastou para gerar o mesmo sinal. A diferença de tempo é exatamente o tempo gasto para o sinal atingir o receptor. O GPS e os receptores geram uma série de códigos ou pulsos complexos, não randômicos, repetidos a cada milissegundo, conhecidos como "Pseudo-random code" ou códigos PRN.

### **Significado e importância dos sinais Pseudo-Random-Noise (PRN)**

Por que não transmitir um sinal de rádio mais simples e mais potente como o de televisão? Embora sofisticados e complexos, os sinais PRN (**Figura 2**) são de baixa potência e requerem pequenas antenas de recepção que, de imediato, lhes conferem uma melhor relação custo/benefício se comparados aos sinais de televisão, mais simples, mas que necessitam de maior infraestrutura para funcionamento como refletores, posteamentos e antenas parabólicas para concentrarem e receberem os sinais. O conteúdo de informações do sinal GPS é muito baixo, é simplesmente um marcador de tempo, ao contrário do sinal de

TV, que leva muita informação.

Todos os satélites acessam a mesma frequência sem interferência de um no outro, com seu próprio e distinto código PRN de modo que diferenciá-los é questão de usar o código correto no processo de comparação do receptor.

Outro motivo para utilização do código PRN é a questão da segurança e controle do sistema. Os códigos diferenciados C/A e P, em tempo de guerra, podem ser modificados.

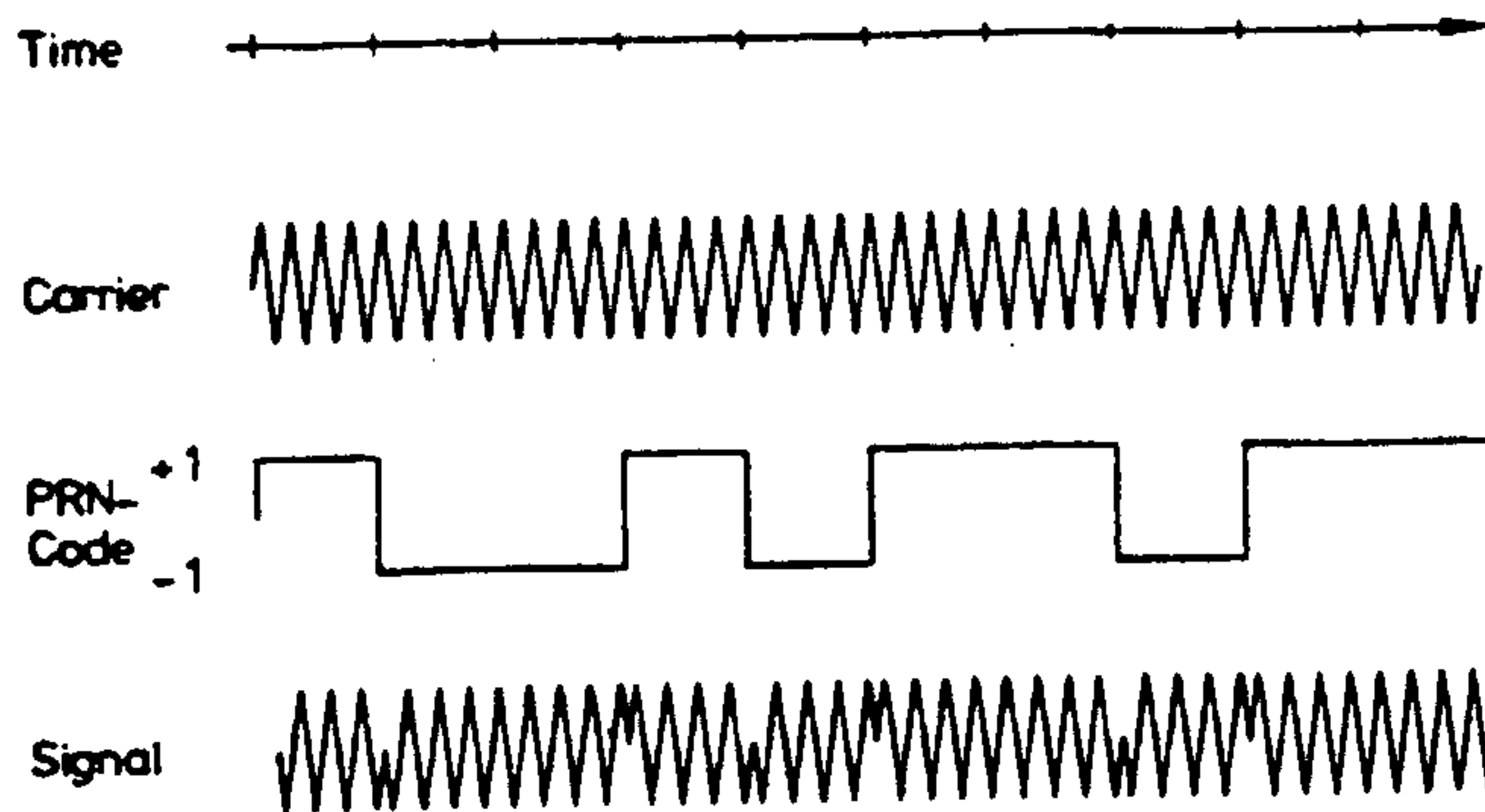


Figura 2 - Estrutura do sinal GPS

## ESTRUTURA DO SISTEMA

O sistema NAVSTAR-GPS ou simplesmente GPS, está subdividido em três segmentos:

### Segmento espacial

Compreende a constelação de 21 satélites em operação com mais 3 de reserva, orbitando a uma altitude de 20.000 km, distribuídos em 6 planos orbitais com inclinação de 55° e um período de revolução de 12 horas.

A função do segmento espacial é gerar e transmitir sinais - códigos portadores de mensagens de navegação.

Os sinais são derivados da frequência fundamental  $f_0$  de 10,23 Mhz, com a seguinte estrutura (fases portadoras):



L1 = 154 f0 = 1575,42 Mhz  
L2 = 120 f0 = 1227,60 Mhz

Os códigos, modulados em fase com as portadoras são seqüenciais (Pseudo Random Noise Codes - PRN) emitidos à frequência de:

Código C/A:  $f_0/10 = 1,023$  Mhz  
Código P :  $f_0 = 10,23$  Mhz

O código C/A é o recebido pela comunidade civil menos preciso que o P. O código P é encriptado, só a comunidade militar americana tem acesso a ele. O Departamento de Defesa americano pode ainda degradar a acurácia do código C/A utilizando um modo de operação chamado de "Selective Availability" ou S/A, um método artificial de criar erros nos relógios. É a fonte de erro mais significativa de todo o sistema.

O código C/A se repete a cada 1 milissegundo e o P a cada 267 dias divididos em segmentos de 7 dias sendo atribuída a cada satélite a seqüência de código para um segmento. Isto dá origem ao sistema de identificação dos satélites que utiliza o número do segmento do código PRN. Por exemplo o SV 19 ou PRN 19 transmite o 19º segmento do código PRN. O outro sistema consiste no número seqüencial de lançamento. Por exemplo PRN 02 é NAVSTAR 13.

### **Segmento de controle**

É o segmento responsável pela operação do sistema GPS, tendo como missão principal a de atualizar as mensagens transmitidas pelos satélites. Ao todo são 4 estações de controle localizadas em Ascencion, Hawaii, Diego Garcia, Kwajalein, além de Colorado Springs, que funciona como Estação Mestre de Controle onde são processadas as informações para determinar as efemérides e as correções dos relógios dos satélites. Após a correção, as mensagens são retransmitidas para os satélites que, por sua vez, as repassam aos usuários. Como referência dos dados de efemérides utiliza-se o sistema geodésico World Geodetic System de 1984 (WGS-84). Para o Brasil, o sistema é o SAD69.

### **Segmento dos usuários**

Está relacionado com as aplicações do sistema para determinação da posição, velocidade e/ou tempo por parte dos usuários. Basicamente os serviços disponíveis aos usuários estão divididos em dois tipos, em função do tipo de acesso às informações.

Serviço de Posicionamento Preciso - PPS (Precise Positioning Service).

Os usuários deste serviço são os militares americanos com acesso aos dados não adulterados dos relógios dos satélites, às correções, às efemérides transmitidas e ao código descriptografado.



Serviço de Posicionamento Padrão - SPS (Standard Positioning Service).

A comunidade civil é a grande usuária com acesso aos dados GPS na forma como são transmitidos, com degradação e criptografia.

## **A POSIÇÃO DOS SATÉLITES NO ESPAÇO**

Os satélites GPS são colocados em órbitas previamente conhecidas e constantemente monitorados pelo sistema de defesa americano. A tecnologia GPS assume, portanto, conhecer perfeitamente bem a posição dos satélites no espaço a uma distância de 20.000 km. O processo é algo semelhante ao que ocorre com a Lua, que modificou muito pouco sua órbita ao longo de milhões de anos.

Os satélites orbitam a cada 12 horas sobre as estações DoD (Department of Defense), dando oportunidade para medir com precisão a altitude, posição e a velocidade com parâmetros ou erros de efemérides. São erros causados pela força gravitacional do Sol e da Lua e pela pressão da radiação solar. Todos os satélites, além do "pseudo-random-code" transmitem mensagens sobre a posição na órbita e o funcionamento do sistema GPS como um todo. Qualquer receptor GPS de boa qualidade utiliza essas informações num almanaque interno.

## **EFEITOS QUE INFLUENCIAM NA PRECISÃO**

### **A necessidade de uma medida adicional**

A bordo dos satélites encontram-se relógios atômicos avaliados em US\$ 100 mil a unidade. Cada satélite está equipado com 4, para garantir o perfeito funcionamento e a confiabilidade do sistema. Embora os relógios de quartzo, que equipam os GPS em Terra, sejam de excelente qualidade, não são tão precisos quanto os relógios atômicos. A solução para esse problema vem através de uma leitura adicional de um satélite extra. A medida de distância extra corrige a imperfeição das leituras dos relógios em Terra. Os diagramas das figuras 3a e 3b, ilustram a problemática de correção dos relógios em Terra.

Na Figura 3a vemos que o observador está a 4 segundos do satélite A e a 6 segundos do satélite B. Isto significa que, em duas dimensões, o observador está na posição X. Supondo a existência de um terceiro relógio em Terra com cerca de um segundo de atraso, veremos que a distância até o satélite A seria de 5 segundos e de 7 segundos até o satélite B. A nova posição agora seria no ponto XX, que é uma posição incorreta. Para o observador, ela seria no momento, uma posição correta, pois ele não teria como conferir o atraso do receptor.

Na Figura 3b, se considerarmos um terceiro satélite C, distante 8 segundos, todos os sinais

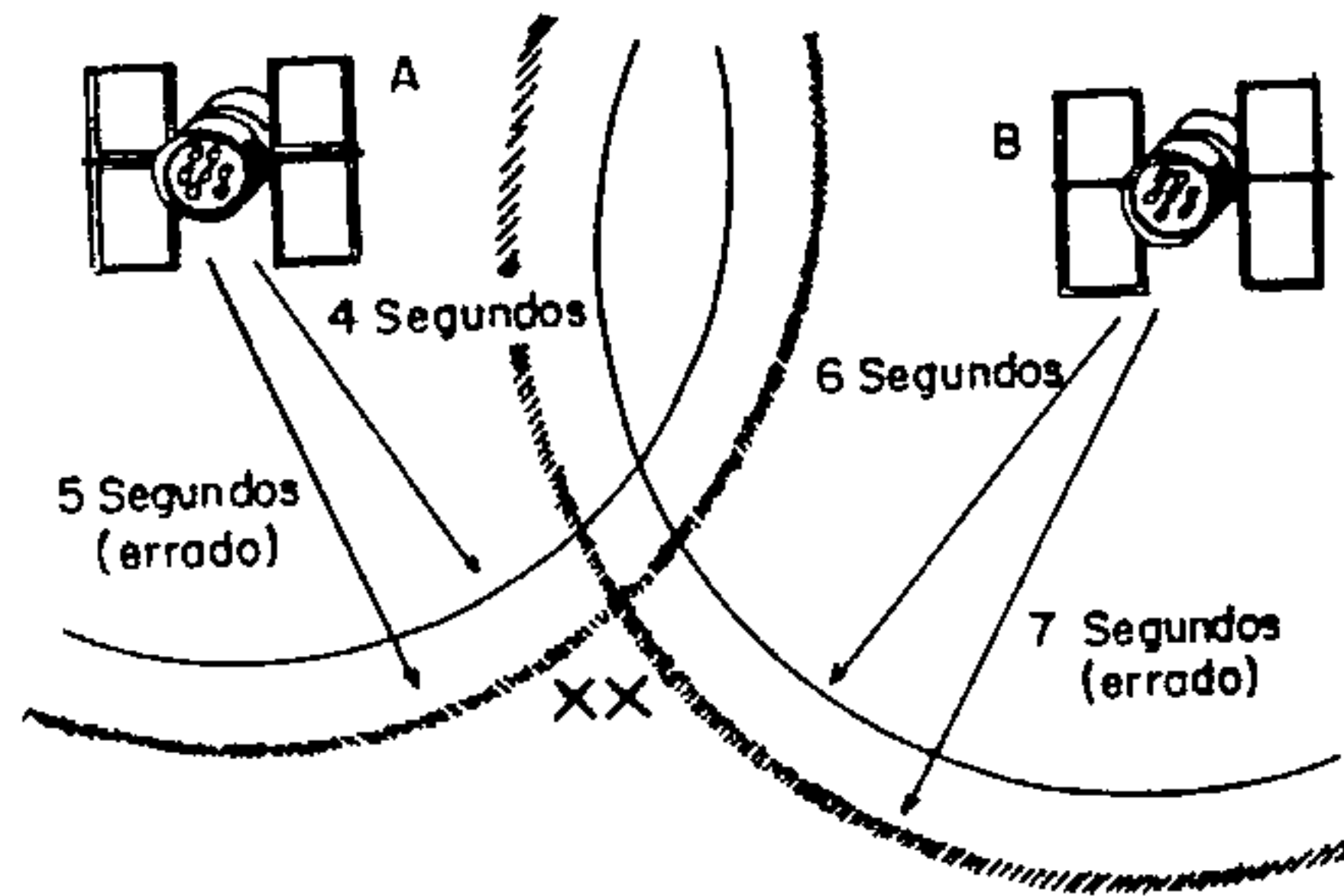
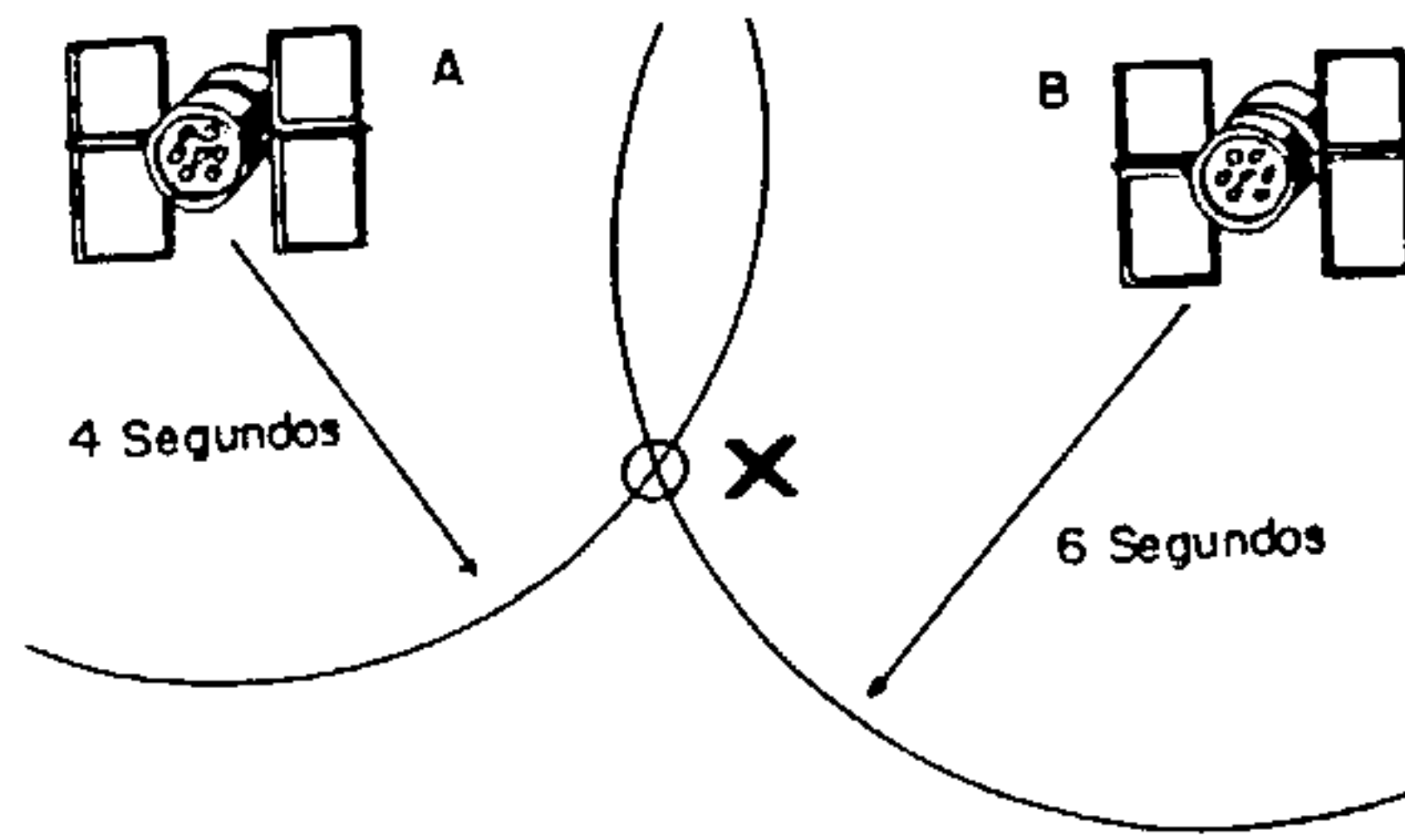


Figura 3a



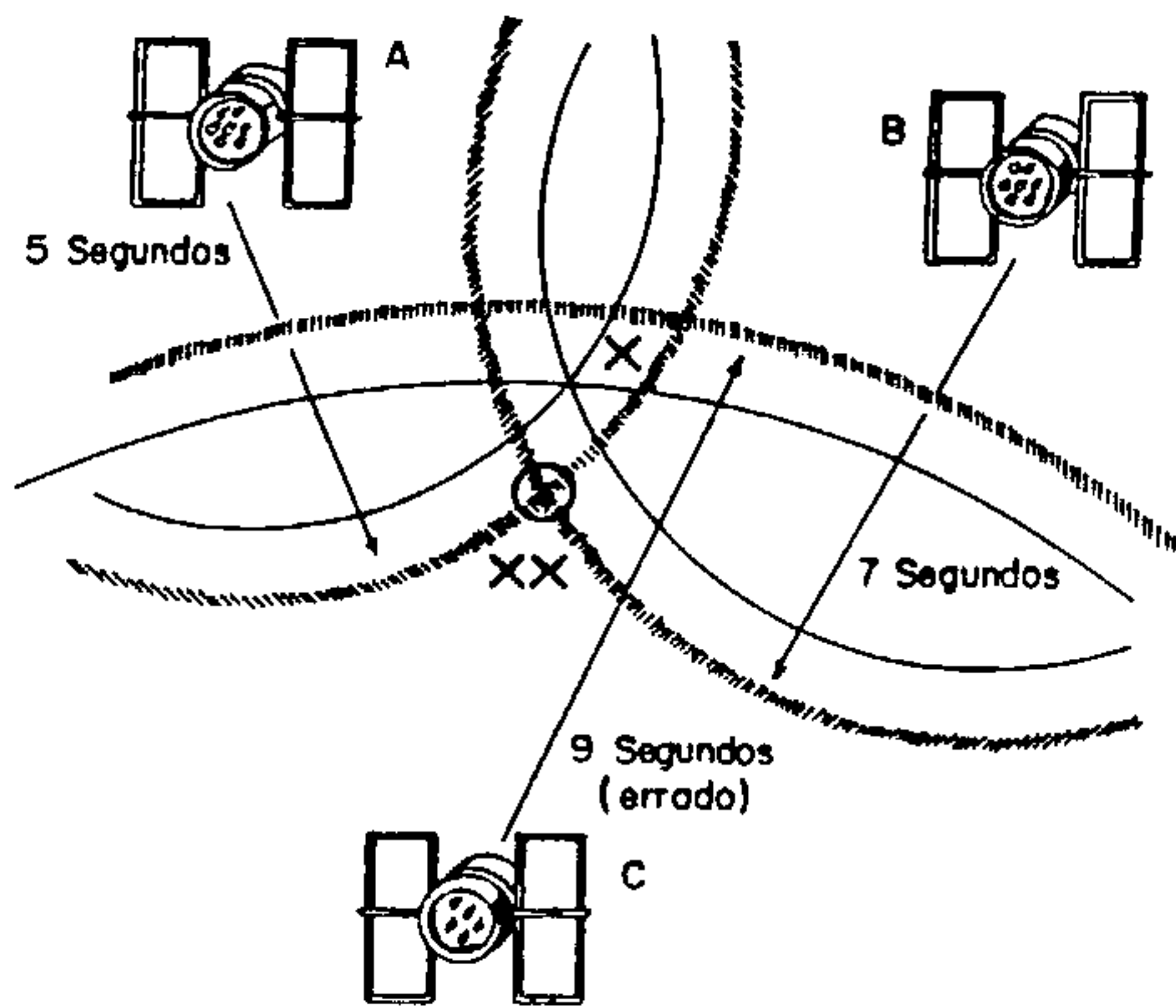
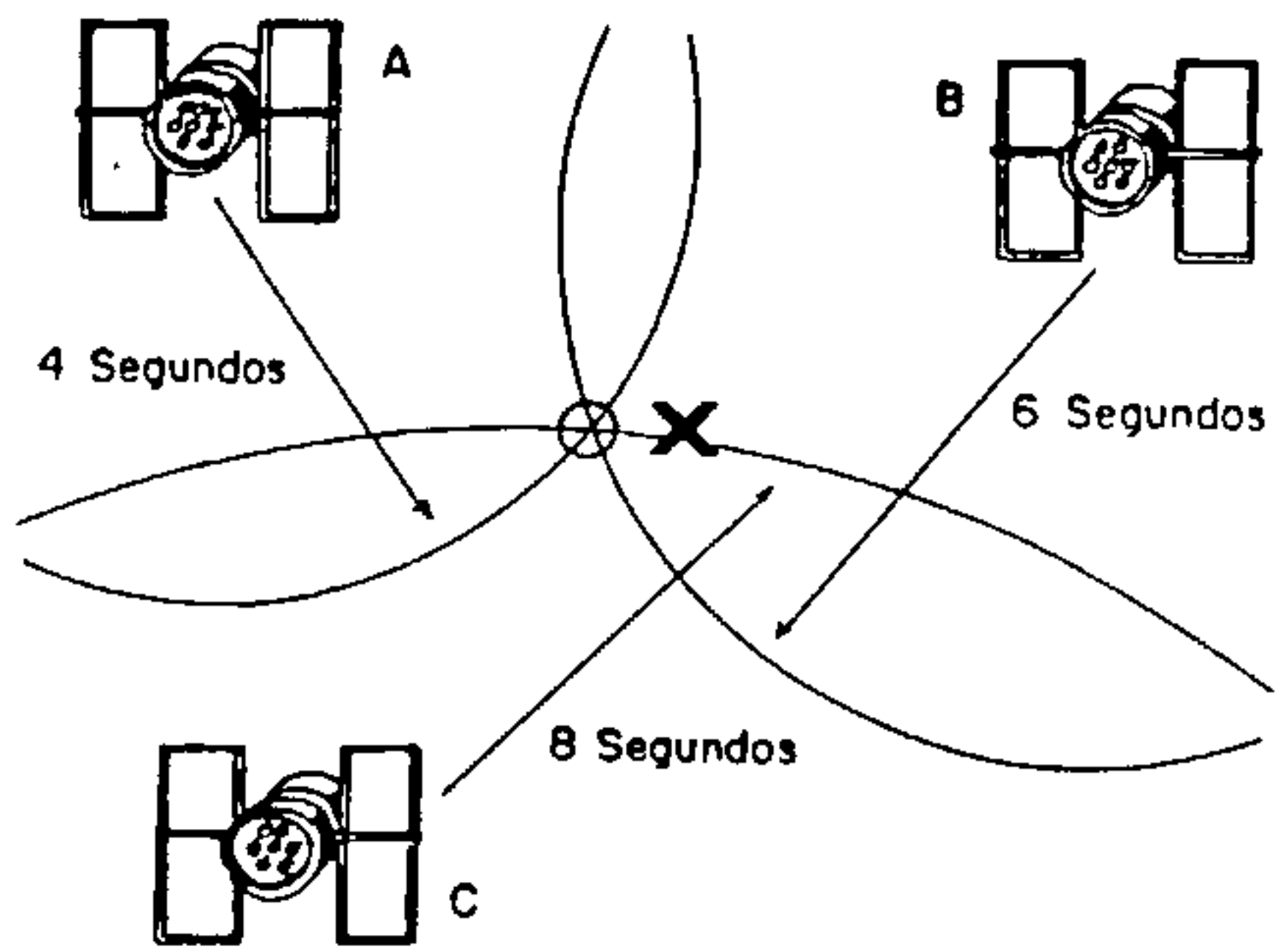


Figura 3b

continuariam se interceptando em X. Considerando agora o relógio C como atrasado de 1 segundo, as distâncias passariam a ser de 5 e 7 segundos para A e B, e de 9 segundos para C. Dois satélites continuariam se interceptando em XX (A e B) e o terceiro fora de XX, aparecendo uma trajetória extra, não compatível com a realidade. Com esta configuração, não há nenhum ponto que possa estar 5 segundos de A, 7 de B e 9 de C. Fisicamente não há como se interceptarem.

Os equipamentos GPS dispõem de microcomputadores que, ao receberem uma série de medidas que não se interceptam em um mesmo ponto, eles consideram como uma medida errada e assumem que o relógio está desligado, ou seja, que apresenta defeito. Assim o computador soma ou subtrai tempo em igual teor para todas as medidas, até verificar qual relógio está 1 segundo atrasado.

Para leituras 3-D há necessidade de 4 medidas para evitar erros e se ter uma medida eficaz. Se houver necessidade de medidas de posicionamento contínuas, em tempo real, é preciso um receptor com, pelo menos, 4 canais, sendo um dedicado a cada satélite.

### **Os erros inerentes ao sistema**

A ionosfera, repleta de partículas eletricamente carregadas, afeta a velocidade da luz, via de regra uma diminuição, e também o sinal GPS. Há várias maneiras de contornar o problema. Uma delas é utilizando medidas médias da alteração da ionosfera e aplicando-as a todas as leituras GPS executadas.

Uma outra maneira é através da medida da velocidade relativa entre dois sinais diferentes. Considerando que a luz ao atravessar a ionosfera, tem a sua velocidade reduzida inversamente proporcional ao quadrado da sua frequência, então quanto menor a frequência do sinal mais reduzida será a sua velocidade. Ao comparar o tempo de chegada de duas partes diferentes do sinal GPS, é possível deduzir que tipo de rebaixamento eles sofreram. Essa correção é complexa e só encontrada em equipamentos receptores GPS sofisticados, sendo conhecida como "solução livre da ionosfera".

### **A influência da geometria dos satélites**

A melhor qualidade das medidas é também função da geometria ou distribuição espacial dos satélites, definida como "Dilution of Precision" (DOP) ou "Geometric Dilution of Precision" (GDOP). A geometria pode ampliar ou minimizar o nível de incerteza dos dados.

$A_p = DOP \times A_m$  onde  $A_p$  = acurácia da posição,  $A_m$  = acurácia da medida e  $DOP=GDOP$

A Figura 4 ilustra o conceito do que seria um bom e um mau PDOP. Deve-se procurar trabalhar com valores pequenos de PDOP. Quanto maior o ângulo entre os satélites, melhores serão as suas medições. Os fatores que descrevem este efeito são:

HDOP - efeito da geometria nas coordenadas planimétricas;



VDOP - o mesmo para a altitude;  
PDOP - o mesmo para a posição tridimensional;  
TDOP - o mesmo para o tempo.

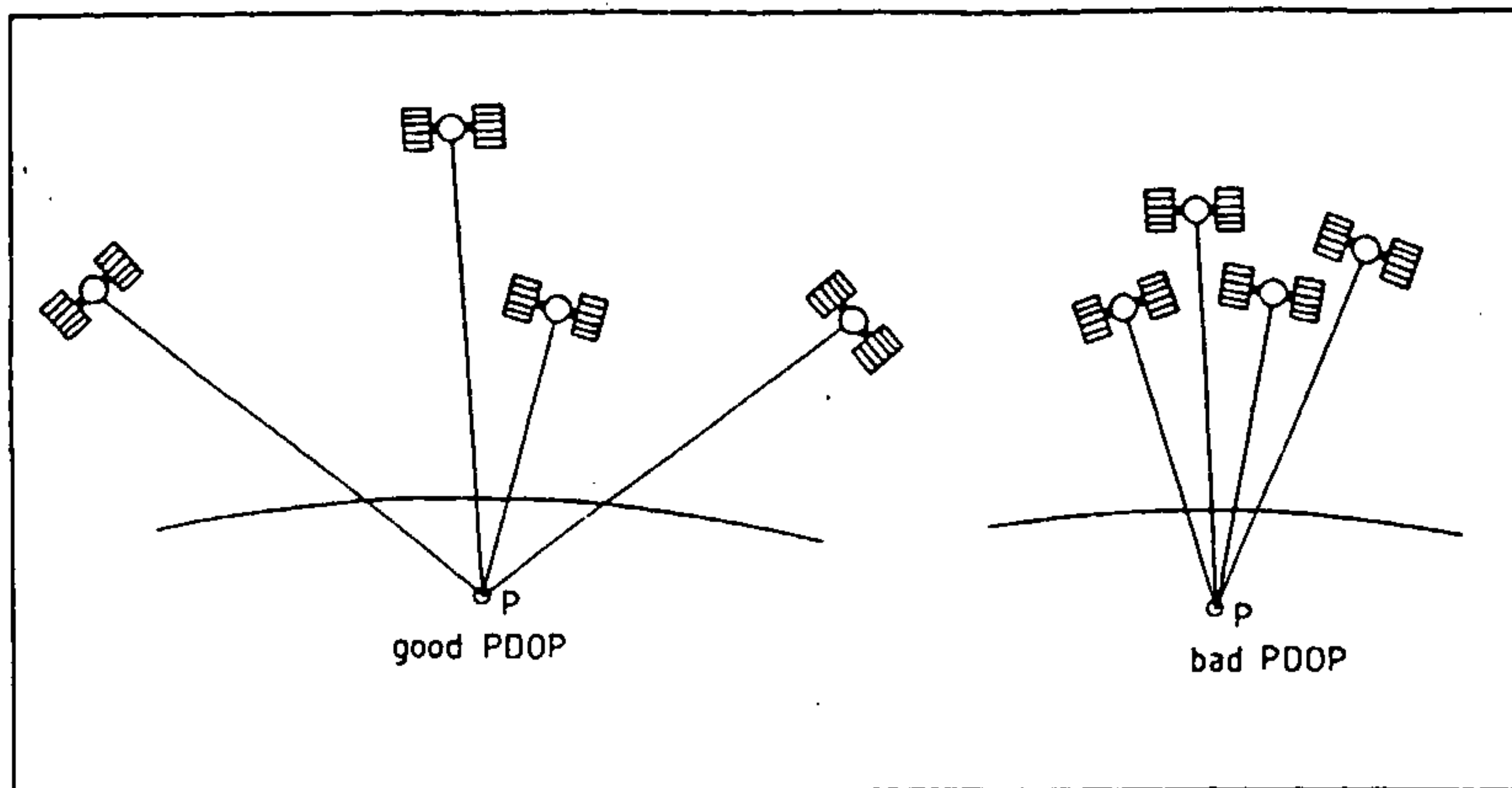


Figura 4 - Representação gráfica de um mau PDOP (à direita) e um bom PDOP (à esquerda)

Quanto maiores os valores numéricos dos fatores, pior a qualidade da determinação, ou seja, maior a influência dos erros de observação nos resultados do posicionamento. Geometricamente, demonstra-se que o GDOP é inversamente proporcional ao volume do tetraedro formado pelos 4 raios vetores unitários definidos pelo receptor e os satélites.

Os bons receptores possuem rotinas computacionais que analisam a posição relativa de todos os satélites e escolhem os 4 melhor posicionados, de modo a reduzir e precisar a posição no terreno. Os receptores ainda mais sofisticados computam a posição considerando todos os satélites visíveis, o GDOP totalmente minimizado.

A acurácia do sistema GPS é determinada por uma série de erros, além do erro proposital induzido pelo sistema de defesa americano utilizando o modo de operação Selective Availability ou S/A que é, na prática, a maior componente de erro do sistema GPS.

## GPS DIFERENCIAL

A precisão GPS só é implementada através da técnica de leitura diferencial, que coloca o sistema em níveis de aplicações surpreendentes.

A Figura 5 ilustra o conceito de GPS diferencial. A técnica consiste em um receptor parado numa posição conhecida, precisa, e outro receptor se deslocando. O equipamento parado remete informações de erro para o equipamento em movimento de modo a corrigir os erros

de leitura.

Devido a simplicidade do sinal, este fator corrige qualquer tipo de erro do sistema, ainda que seja do relógio do receptor, do relógio do satélite, posição do satélite, da atmosfera ou ainda do decaimento resultante da ionosfera. O conceito é aparentemente simples, na prática há uma série de requisitos, tanto a nível de equipamentos, quanto de programas para fazer a correção, o que não é o caso do equipamento em uso na CPRM.

O conceito serve para indicar que sem leituras diferenciais não há como se atingir os mais altos níveis de precisão, ainda que o equipamento em uso venha a ser sofisticado.

## **CLASSIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE RECEPTORES**

Os receptores são classificados segundo as aplicações e o tipo de sinal GPS utilizado. São basicamente de dois tipos:

Posicionamento em tempo real - observação dos códigos C/A e P  
Posições estáticas - observa fases portadoras L1 e L2

A variedade de equipamentos no mercado que atende a uma ou a ambas as aplicações, é considerável e, de um modo geral, a escolha de um sistema GPS deve levar em conta 3 aspectos básicos:

Como será utilizado;  
Que tipo de informação é necessária;  
Qual o objetivo do trabalho.

O sistema será utilizado para leituras fixas, estáticas, ocasionais ou serão necessárias medidas precisas. É importante medir com acurácia a velocidade. Os aspectos econômicos são mais importantes do que acurácia. O consumo de energia é fator relevante. O receptor irá trabalhar em condições dinâmicas, experimentando acelerações e altas velocidades. Após uma análise prévia destes fatores, deve-se especificar o equipamento mais apropriado.

Há pelo menos dois grandes grupos de receptores, os que monitoram quatro ou mais satélites simultaneamente, e os que seqüenciam leituras entre satélites.

Receptores seqüenciais - Usam canal simples e movem-se de um satélite a outro para obter suas informações. Têm menos circuitos, consomem menos energia e são mais baratos. O aspecto limitante é que o seqüenciamento pode ser interrompido e a sua acurácia ficará, de um modo geral, prejudicada. Há várias subespécies.

"Starved power" - Receptor de canal simples, portátil, de baixo consumo de energia. Realiza uma ou duas leituras por minuto e desliga por si só. Serve para leituras isoladas em passeios de barco, etc. Acurácia muito degradada, interface limitada e não mede velocidade com precisão, pois lê e para sem a continuidade necessária para determinar velocidades.



Receptor de canal simples - Semelhante ao anterior. Usa canal simples para cobrir todos os satélites. Pode permanecer ligado continuamente e ser um pouco mais preciso, medindo velocidade desde que não haja acelerações significativas na rota. Como só dispõe de um canal para receber dados e realizar cálculos, não é utilizado para posicionamento contínuo. Por limitações técnicas, a instabilidade dos seus relógios afeta diretamente as leituras de velocidades.

"Fast-multiplexing" - Receptor de canal simples similar aos receptores de um canal de baixo seqüenciamento, mas se move mais rapidamente de um satélite para outro. A vantagem é que pode realizar medidas ao tempo em que monitora as mensagens dos satélites, pode funcionar continuamente.

Receptor duplo canal - A adição de um segundo canal em um sistema GPS aumenta significativamente a sua capacidade. Um canal monitora um satélite com dados de posição, o outro capta outro satélite, de modo que não se interrompe o sistema de navegação e as medidas de velocidade são mais precisas. Um bom receptor de dois canais pode empregar uma estratégia de computação que permita cancelar erros do relógio e outras imprecisões. A desvantagem está no preço mais caro e no elevado consumo de energia.

Receptores contínuos - Monitoram 4 ou mais satélites simultaneamente podendo fornecer instantaneamente posição e velocidade. Valiosos para aplicações dinâmicas e podem chegar a configurações de mais de 12 canais. Permitem eliminar o GDOP ao inserir nos cálculos as informações de todos os satélites. As limitações são de preço, tamanho e consumo de energia.

## **POSSIBILIDADES DE EMPREGO DO GPS**

Pode-se afirmar que a tecnologia GPS representa um enorme campo de aplicações para o homem, de uso quase ilimitado, cobrindo desde sofisticadas aplicações no campo aeroespacial, de navegação e defesa, até o cotidiano urbano do cidadão, na definição de rede geodésica fundamental, nacional e estadual, na determinação de alturas, dos geóides; nas redes regionais e locais; em cadastros e Sistemas de Informações Geográficas (GIS); de largo emprego e controle na Engenharia de Minas, na Cartografia, na Agricultura, em Hidroelétrica, Transporte e outras obras civis; para navegação, na Geodésia Marinha e na Hidrografia; em Fotogrametria e Sensoriamento Remoto.

No caso específico da Geodésia por satélite, os objetivos principais são:

- Instalação de redes tridimensionais;
- Determinação do campo de gravidade terrestre (géóide, anomalias da gravidade);
- Medição e modelagem de fenômenos geodinâmicos (movimentação dos polos, marés terrestres, movimentos da crosta).

## O ENSIGN GPS

A **Figura 6** mostra o equipamento ENSIGN GPS em uso na SUREG-RE bem como suas teclas de função .

### Teclas de Função

**POWER** - Energia (liga e desliga o equipamento) e controla a iluminação do visor.

**SETUP** - Serve para preparar o equipamento segundo programa de trabalho e os vários menus disponíveis no sistema (customizar).

**SAVE** - (SALVAR) - Armazenar dados no arquivo (biblioteca).

**POS** - (POSITION) - Fornece a posição local.

**WPT** - (WAYPOINT) - Pontos de referência (amarração).

**EDIT** - Editar. Serve para introduzir informações, iniciar funções e modificar configurações.

**NAV** - (NAVIGATION) - Acesso às funções de navegação (pouco empregado no nosso caso).

**RTE** - (ROUTE) - Rota - Pouco uso no nosso caso.

Algumas palavras específicas são usadas como convenções:

**PRESS** = Ao surgir esta palavra, aperte a tecla assinalada no visor (display), que pode ser uma das teclas de função: SAVE, NAV, POS, WPT, EDIT, RTE, SETUP, POWER. **Exemplo:** "PRESS the POS key" (aperte a tecla POS).

**POINT** = "Point" só é usado no modo "Edit". Quando aparece a palavra "Point" aperte os botões com as setas indicativas ou à direita (→), ou à esquerda (←), para mover o cursor para o campo especificado na tela. O cursor é indicado por um traço que aparece logo abaixo das palavras. **Exemplo:** "Point to the waypoint named field".

**SELECT** = Só é usado no modo "Edit". Quando aparece "Select" pressione o botão com a seta indicativa para cima (↑) ou para baixo (↓) até que a informação desejada apareça na tela. **Exemplo:** "Select the destination waypoint number."

**ENTER** = Só se emprega no modo "Edit". Quando aparece "Enter" use as setas (↑)



ou (↓) para que surja a informação desejada. As setas (→) e (←) são pressionadas para se chegar a outros caracteres dentro do campo. **Exemplo:** "Enter the route name".

**WAYPOINT** = Qualquer posição que o usuário arquivou ou guardou. Costuma fazer parte de uma rota ou rotina planejada.

## **FUNÇÃO LIGAR/DESLIGAR (POWER)**

Das 8 teclas que compõem os controles, esta é a única em que não há nada escrito. A tecla POWER serve para ligar e desligar o equipamento, além de controlar o nível de iluminação do visor (DISPLAY). Confirmar se as pilhas estão corretamente instaladas. Por segurança colocar o cordão que acompanha o instrumento ao redor do pulso, para evitar queda inesperada do aparelho ao chão..

Para ligar o Ensign, aperte POWER uma vez. Por alguns segundos aparecem dados relativos ao equipamento na tela, depois surge a última informação (Old position) guardada na memória, antes de ter sido desligado. Pode-se também regular o contraste da telinha com o auxílio das setas. Pressionando (↑), o contraste aumenta; (↓) diminui o contraste.

Para desligar, manter POWER apertado por 4 segundos, no visor aparece uma contagem regressiva até zero, e ele desliga. Pode-se também apertar POWER e SETUP simultaneamente para desligá-lo de vez.

## **COMO INICIALIZAR O ENSIGN**

Ao mudar de uma região para outra e ligar o aparelho, ele começa a captar sinais de satélites, e poderá demorar mais de 30 minutos para obter um almanaque completo. É o processo de inicialização, e não deve ser interrompido. A antena interna localiza-se na parte superior do aparelho, acima da telinha. Deve-se ter uma boa e clara visão do céu, não cobrir a antena com a mão. Faça o seguinte para confirmar se o almanaque está completo:

Enquanto o aparelho está ligado, mantenha POWER apertado.

POWER - OFF  
(4 seconds)  
Screenlight on/off  
... A = 0.0hr

Os símbolos no canto inferior esquerdo indicam o número de satélites sintonizados e se o almanaque está completo. Cada satélite captado está representado por um símbolo ( $\mu$ ). A letra "A" logo após os símbolos, dos satélites, indica um almanaque completo; "a" significa almanaque incompleto, a inicialização não está pronta, e o aparelho precisa ficar mais tempo apontado para o céu, com clara visão do horizonte. A partir do momento em que o Ensign está com o almanaque atualizado, bastam 1-2 minutos para começar a realizar medidas. Nesse caso, ele precisa captar sinais de, pelo menos, 3 satélites.

## **PRINCIPAIS OPERAÇÕES**

### **Tecla "POS" (Para fornecer a posição)**

Ao apertar a tecla "POS" uma vez, aparece a posição atual, quantos satélites foram contactados, e a diluição da precisão (DOP) resultante. Cada satélite é representado por um símbolo no canto inferior esquerdo. Ao entrar em contato com, no mínimo três satélites, o equipamento calcula a posição bidimensional (2-D), a intervalos de 5 segundos (ou 1,5 segundos se o operador estiver no modo rápido). Se o equipamento fornecer leitura 3-D (tridimensional), será também mostrado um valor de altitude, e aparece no visor "PDOP". Se a medida "DOP" exceder 12, o aparelho suspende os cálculos, vai piscar a expressão "Old position" na tela.

### **Tecla "SAVE" (Como preservar a leitura)**

Para guardar na memória a leitura realizada, aperte o botão "SAVE". Aparece na tela "Saved in memory. SAVEDWPT 01". O dia e a hora da leitura, que aparecem no canto inferior da tela, também serão memorizados automaticamente.

```
SAVEDWPT01    01  
  N 37°19,972  
  W 121°58.349  
UTC 19:14 21Mar92
```

### **Tecla "EDIT" (Como editar os dados)**

Esta tecla permite modificar as informações na tela, controlar operações e registrar informações. Quando se aperta "EDIT", aparece um cursor, e as funções das teclas

NAV, WPT, SETUP e RTE mudam para as setas utilizadas para circular na tela através de seleções, e para adentrar informações alfanuméricas. Em cada tecla pode ser vista uma seta verde indicando um sentido (para cima, para baixo, direita e esquerda). As teclas com setas para cima e para baixo modificam a informação dentro de um campo. As setas para esquerda e direita movem o cursor entre campos na tela.

Quando o operador é orientado a mover o cursor para um campo específico da tela, as instruções indicarão = "Point to...". Utilizar a seta esquerda ou direita para dirigir o cursor ao campo específico. Quando o operador é orientado a modificar o campo, aparece a expressão = "Select a...", ou então "Enter a...".

As setas para cima ou para baixo permitem introduzir caracteres alfanuméricos; nesse caso, as setas à esquerda e à direita permitem que o operador se dirija a outros caracteres dentro do campo. Quando são digitados nomes, as setas para cima e para baixo selecionam números ( 0-9), letras (A-Z) e caracteres como - / @ & , . →.

Concluída a edição, pressione "EDIT". Pode aparecer na tela um aviso para apertar "EDIT" uma segunda vez para confirmar as modificações feitas. Assim, o operador poderá aceitar ou cancelar as modificações recém efetuadas.

### **Tecla "WPT" (Para acessar os dados - "WAYPOINT")**

Podem ser memorizadas 100 leituras. Para saber quantas vagas existem na memória, apertar o botão "WPT". Para que apareça na tela a capacidade da memória (Waypoint Capacity Screen) apertar a tecla "WPT" mais duas vezes.

#### **Waypoint Library**

**2 used  
98 available**

Significa que neste arquivo (library), 2 memórias foram usadas (used) e 98 estão livres (available). Quando arquivo armazena 100 informações (waypoint), ele está completo; a partir daí é preciso apagar alguns dados, se o usuário pretende armazenar mais informações.

Para memorizar uma informação aperta-se "SAVE" uma vez. Aparece "Saved in memory. SAVEDWPTOn". O aparelho numera a informação memorizada; quando atingir a 100, vai aparecer 00 na tela. O usuário pode ter acesso às informações, procedendo dessa maneira =

a - Aperte "WPT"



- b - Aperte "EDIT"
- c - Dirija-se ao campo com o auxílio das setas (↑) ou (↓)
- d - Pressione "EDIT" duas vezes para sair deste modo de operação
- e - Pressionando qualquer outra tecla, permanece-se no modo "WPT".

Para apagar uma informação (estação):

- a - Aperte "WPT"
- b - Aperte "EDIT"
- c - Dirija-se ao campo numérico usando as setas, selecionando o número da estação de leitura a ser apagado
- d - Aperte "EDIT"
- e - Dirija-se ao campo <ERASE>
- f - Aperte "EDIT". Aparece a mensagem "PRESS EDIT AGAIN TO ERASE WAYPOINT"
- g - Aperte "EDIT" para apagar a informação, que não mais pode ser recuperada
- h - Pressionando qualquer outra tecla, cancela-se a operação.

Para apagar todas as informações (estações) do arquivo:

O acesso é feito pela tecla "SETUP". Um dos vários "menus" acessados por meio dessa tecla é composto pela frase "Erase Library?". Para apagar completamente o arquivo de informações (estações), deve-se apertar em seguida "EDIT" e seguir as instruções que aparecem na tela.

## COMO CONFIGURAR O SISTEMA

### Tecla "SETUP"

Pode-se ter acesso aos vários "menus" (de 13 a 18) com o auxílio desta tecla. Ao pressioná-la uma vez, aparece um "menu". Mantendo pressionada a tecla, aparecem sucessivos "menus" rapidamente. Para mudar um "menu" proceda da seguinte forma:

- a - Pressione a tecla "SETUP" para selecionar o "menu" a ser modificado. Os dados da última leitura surgem abaixo do título do "menu".

**EDIT to proceed**

**Set clock style?  
24 hr clock**

Notar que na linha superior da tela podem aparecer "EDIT to proceed", "POS to Quit", e "↓ to change...".

**b - Apertar "EDIT"**

**c - Selecionar ou dar entrada nos dados para o "menu".** Existem poucas opções no programa. Pode-se selecionar com o auxílio das setas de (↑) e (↓). A seleção que já estava sendo processada sempre aparece precedida por um asterisco (\*). Poucos "menus" exigem que se entre com um número, em vez de selecionar uma opção.

**d - Apertar "EDIT".** A opção é ativada e aparece no "menu". Para modificar algum dado, repetir estes 4 passos. Completada a reconfiguração, pressionar qualquer das outras teclas (POS, NAV, WPT ou RTE) para sair.

A seguir, uma descrição dos diversos "menus" existentes no equipamento, com acesso pela tecla "SETUP":

**a - Set Clock Style =** Modo como aparecem as horas na tela. Pode ser selecionado entre "24hr clock" (PREFERENCIALMENTE), ou "AM/PM clock", que marca as horas em contagem de 12.

**b - Mapping Datum =** Datum representa um modelo geométrico (elipsóide) da Terra. Este aparelho oferece até 124 opções. Para o Brasil selecione na tela SAD69, Brazil IBGE, que significa South American Datum (1969).

**ATENÇÃO =** Não procurar pela letra "B" de Brazil, mas "S", de SAD69, Brazil IBGE. Existe um datum universal, WGS-84 (WORLD) que, automaticamente, funciona bem para qualquer área da Terra. Ele significa World Geodetic System (1984), empregado em regiões onde não se dispõe de datum específico.

**c - Coordinate Style =** Controla o modo de apresentar na tela a posição em coordenadas, que pode ser Lat/Lon Minutes; Lat/Lon Seconds; OSGB System; UTM coordinate. O primeiro fornece graus, minutos e décimos de minutos; o segundo, graus, minutos e segundos; o terceiro, só é usado na Inglaterra. Empregar PREFERENCIALMENTE a opção da leitura em UTM (Universal Transverse Mercator). É possível converter as coordenadas de UTM para Lat/Lon ou vice-versa. Para isso, basta alterar o "SETUP".

**d - Change GPS Mode? =** É a maneira de calcular as posições. Optar por "Automatic best" (PREFERENCIAL). Neste caso o aparelho calcula uma solução 3-D, quando 4 ou mais satélites são detectados, ou uma solução 2-D, quando são captados 3. Existe também o "Manual 2-D", quando a leitura será sempre bi-dimensional; e o "Manual 3-D", quando o aparelho só fornece soluções tri-dimensionais, o que requer o mínimo de 4 satélites.

**e - Change Language =** Opções de línguas como inglês (English); norueguês (Norsk);

espanhol (Español); japonês (Japanese); alemão (Deutsch); Italiano; francês (Français). Esta tradução segue as informações que aparecem em inglês na tela.

**f** - Erase Library? = Apaga totalmente todas as entradas. Uma vez apagado o arquivo (library), não poderá ser recuperado.

**g** - Antenna Height? = Para calcular posições em 2-D, o equipamento leva em conta a altura da antena em relação ao solo ou ao nível do mar. ATENÇÃO, no nosso caso, manter o valor como sendo zero.

**h** - Add'l Features? = "Menu" de feições adicionais, que permite leituras em distância log, timer. Serve para os casos de leituras de navegação. No nosso caso, não considerar este item (NONE).

**i** - Screen Features ou Screen Contrast = Ajuste de contraste da tela. No nosso caso, manter no nível 3.

**j** - Reset Battery Hours = Mostra o consumo, em horas, das baterias. Ao trocar as pilhas, zerar este item. Ao sair para o campo, confirmar a carga nas pilhas.

**l** - GPS Update Rate? = Indica a frequência da leitura. Na opção "Maximum Rate", o aparelho realiza leitura de satélite a cada 1,5 segundos, e o consumo de energia será bem maior. PREFERENCIALMENTE, deixar em "Saving Rate" e o equipamento será mais econômico, com leituras a cada 5 segundos, e menor consumo de pilhas.

**m** - Time Adjustment = Controla ajustes de tempo, Universal Time Coordinated (UTC). ATENÇÃO = No caso brasileiro, selecionar OBRIGATORIAMENTE MENOS 3 HORAS. Para isso aperte "EDIT", em seguida a seta (↓) até chegar em menos 3 horas, daí novamente "EDIT".

**n** - Autoswitch Mode? = Serve para ativar rotas complexas. ATENÇÃO, manter na seleção "BISECTOR".

**o** - COG Filtering = ATENÇÃO, manter na posição 1 (desativado). Utilizado para navegação.

**p** - SOG Filtering = ATENÇÃO, manter na posição 1 (desativado). Utilizado para navegação.

**q** - POS Filtering = ATENÇÃO, manter na posição 1 (desativado). Utilizado para navegação.

**r** - Select Units = Seleciona unidades de distância, que podem ser dos tipos "Nautical" e "Metric". ATENÇÃO, manter na posição "Metric".



s - North Reference = A seleção pode ser ou Norte Verdadeiro, o "True North"; ou Norte Magnético, "Magnetic North" . ATENÇÃO, manter na posição "True North".

## **INSTALAÇÃO DAS PILHAS**

Este equipamento GPS opera com 4 pilhas alcalinas do tipo AA. Considera-se que ele funciona por 10 horas, com o emprego do modo "SAVING RATE", que economiza mais energia. As pilhas têm vida útil de 5 horas no modo "MAXIMUM RATE". Quando estão fracas e necessitam de substituição, pisca na tela a mensagem "BATTERIES LOW. PLEASE REPLACE". A prática de campo tem mostrado uma vida útil de 6 horas.

Para instalar pilhas novas, basta apertar o fecho da tampa existente na parte de trás do aparelho. Remover o módulo de pilhas usadas, destacá-las e colocar 4 novas, respeitando a localização correta dos polos e a posição dos fios (cordão), que deve permanecer nas duas aberturas apropriadas. Fechar o compartimento até observar que o fecho engatou, evitando que o conjunto de pilhas escorregue para fora. Ao usar o GPS é recomendável deixar o cordão enlaçado ao pulso, para evitar queda acidental do equipamento no chão.

Se o GPS ficar sem pilhas por mais de 30 minutos, as informações arquivadas na memória podem se perder. Quando não estiver em uso, o GPS deve ser guardado dentro da embalagem protetora, que resiste a gotas d'água, mas não é à prova d'água.

## **CONCLUSÃO**

Na verdade, o ENSIGN GPS representa um pequeno computador de navegação, pleno de funções. Sintonizado 24 horas à rede de satélite GPS que circunda a TERRA, ele é um instrumento de trabalho que simplifica radicalmente os diversos passos do processo de localização geográfica, esteja você onde estiver. Por isso, deve ser manuseado com CUIDADO!

Em testes comparativos realizados na UFPE, operando equipamento SURVEYOR de alta precisão e o ENSIGN GPS, da Trimble Navigation, obteve-se erro da ordem de 10m e 30m nas medidas do ENSIGN GPS.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

O Terceiro Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, realizado no Rio de Janeiro em novembro de 1993, promoveu uma Sessão Técnica sobre GPS. Vários trabalhos foram apresentados e estão publicados no volume 1 dos resumos expandidos do Congresso, das páginas 584 a 642.

Um livro recentemente publicado é "Global Positioning System (Theory and practice)", 326p., de Hofman, Wellenhof, Lichtenegger, Collins, que estará à disposição dos usuários brevemente na biblioteca da SUREG-RE.

Günther Seeber - Satellite Geodesy. Foundations, Methods and Applications. Walter de Gruyter, Berlin - New York, 1993.

## OBSERVAÇÕES

Este documento foi produzido no:

**SER/RE**

**Centro de Editoração Luciano Tenório**

Superintendência Regional de Recife

Serviço de Edição a cargo de:

Claudio Scheid

Flávio Renato A. de A. Escorel

Sebastião Milton Pinheiro da Silva

Todas as figuras foram reproduzidas a partir de material fornecido pelo Prof. Günther Seeber e pela Trimble Navigation S.A.



**The Edit Key**

Used for entering information, initiating functions, and changing Ensign configurations.

**The Navigate Key**

Accesses a waypoint navigation screen, a route navigation screen and a cross-track error screen.

**The Position Key**

Accesses current position and time, as well as timers and distance log functions

**The Save Key**

Stores your present position in the waypoint library. A double-press initiates the Ensign's man-overboard feature.

**The Waypoint Key**

Accesses the waypoint library screen, the waypoint range and bearing screen, and the waypoint capacity screen.

**The Power Key**

Turns the Ensign on and off and controls the screen backlighting.



## Ensign's key layout.

It takes only eight keys to operate the Ensign GPS. In fact, you can perform all important functions by pressing just a single key. And the keypad is set up so you can operate the Ensign with one hand. Here's a summary of the most important key functions.

**The Route Key**

The Ensign GPS can store up to nine routes with up to nine legs in each route. The route library screen, the route clear screen, and the Olympic course feature are all accessed using the route key.

**The Set-up Key**

Controls many aspects of the Ensign's operation from display contrast, to the units used for navigation information in the setup menu.