

Henrique Claro de Ávila

Redes de Estações Ativas GPS no  
Brasil

IX Curso de Especialização em Geoprocessamento  
2006



UFMG  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha  
Belo Horizonte  
cartografia@igc.ufmg.br

# **Redes de Estações Ativas GPS no Brasil**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento, Curso especialização em geoprocessamento, Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais

Orientador: Prof. Marcos Antônio Timbó Elmiro

**BELO HORIZONTE**  
**2006**

Ávila, Henrique Claro

Redes de Estações Ativas de GPS no Brasil / Henrique Claro de Ávila –  
Belo Horizonte, 2006.

v, 38f.: il.

Monografia (Especialização)- Universidade Federal de Minas  
Gerais, Instituto de Geociências. Departamento Cartografia, 2006.  
Orientador : Marcos Antônio Timbó Elmiro

1. Geoprocessamento 2.Redes de Estações Ativas GPS 3.Diagrama de Voronoi  
I.Titulo

**Agradecimentos:**

*Primeiramente agradeço sempre a Deus por minha vida, onde sempre esteve presente nos momentos difíceis e alegres e, agradeço por mais uma etapa vencida, muito obrigado.*

*A minha família que sempre me apoiou nas minhas decisões.*

*Ao orientador Marcos A. Timbó Elmiro, que sempre esteve presente, demonstrou uma grande dedicação e esclarecimento de idéias para enriquecimento de meu estudo e, posso dizer que considero um excelente profissional e um novo amigo.*

*A Professora Ana Clara Mourão Moura e Maria Márcia Magela Machado, que tiveram também grande importância neste estudo, quando precisei de uma orientação, independente do momento que estavam, estenderam suas mãos e me ajudaram.*

*Não poderia esquecer dos monitores: Ana Maria, Renata, Cheila, Diego, Guilherme, Bráulio e Vladimir; que me auxiliaram mediante do curso.*

*Finalizando, não poderia esquecer de meus colegas: Viviane, Rosângela, Luiz Felipe .... e, principalmente Jorge Adelino Freitas, que para mim considero hoje como um grande amigo, onde esteve presente desde o início do curso até seu término. Uma pessoa que sempre que precisei estendeu-se suas mãos, espero ter retribuído o mesmo, muito obrigado.*

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Objetivo Geral .....	2
1.2	Objetivos Específicos .....	2
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	2
2.1	Sistema de Posicionamento Global (GPS) .....	2
2.1.1	Segmento Espacial .....	3
2.1.2	Segmento de Controle .....	4
2.1.3	Segmento de Usuário .....	5
2.2	Estrutura do Sinal GPS .....	6
2.3	Método de Posicionamento .....	7
2.3.1	Método de Posicionamento Absoluto .....	7
2.3.2	Método Diferencial .....	8
2.3.3	Método Relativo .....	11
2.4	Sistema de Projeção de Coordenadas e Datums .....	14
2.4.1	A forma da Terra .....	14
2.4.2	Sistema global e sistemas locais .....	15
2.4.3	Datums Horizontais .....	15
2.4.4	Referencias Altimetricas .....	16
2.4.5	Sistema de Coordenadas .....	17
2.4.6	Meridianos e Paralelos .....	18
2.4.7	Latitude e Longitude a Terra como Referência ao Elipsóide .....	19
2.4.8	Projeção Universal Transverso de Mecator – UTM .....	19
3	METODOLOGIA .....	21
3.1	Área de Estudo, Aquisição e Tratamento de Dados .....	21
3.2	Rede de Estações Ativas GPS .....	22
3.2.1	Rede de Estações Ativas IBGE .....	22
3.2.2	Rede de Estações Ativas INCRA .....	26
3.2.3	Rede de Estações Ativas Santiago e Cintra .....	29
3.4	Diagrama de Voronoi .....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	36
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	36
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Atual Plano Orbital da Constelação GPS .....	3
Figura 2 – Estações de Controle e Monitoramento GPS .....	5
Figura 3 – Segmento de Usuários .....	5
Figura 4 – Estrutura do Sinal GPS .....	7
Figura 5 – Calculo da Pseudo-distância pelos rancing-codes .....	8
Figura 6 – Correções Diferenciais .....	9
Figura 7 – DGPS em Tempo Real .....	10
Figura 8 – Elipsóide de Revolução representado a Superfície da Terra .....	14
Figura 9 – Ajustamento de Elipsóides Locais ao Geóide em relação ao Elipsóide Global .....	15
Figura 10 – Datum Vertical de Imbituba – SC .....	16
Figura 11 – Referência Altimétrica .....	17
Figura 12 – Sistema de Coordenadas (IBGE, 2006) .....	18
Figura 13 – Paralelos e Meridianos (IBGE, 2006) .....	19
Figura 14 – Cilindro Secante .....	20
Figura 15 – Mapa de Série do Brasil Geográfico (IBGE, 2006) .....	21
Figura 16 – Mapa Temático de Rede de Estações Ativas – IBGE .....	25
Figura 17 – Mapa Temático de Rede de Estações Ativas – INCRA .....	28
Figura 18 – Mapa Temático de Rede de Estações Ativas – Santiago e Cintra .....	32
Figura 19 – Diagrama de Voronoi – IBGE .....	34
Figura 20 – Diagrama de Voronoi – INCRA .....	34
Figura 21 – Diagrama de Voronoi – Santiago e Cintra .....	35

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Precisões base-line .....	12
Tabela 2 – Banco de Dados da Rede de Estações Ativas – IBGE .....	24
Tabela 3 – Banco de Dados da Rede de Estações Ativas – INCRA .....	27
Tabela 4 – Banco de Dados de Rede de Estações Ativas – Santiago e Cintra .....	31

## RESUMO

O presente trabalho apresenta a aplicação de técnicas de geoprocessamento visando conhecer e analisar as Rede de Estações Ativas GPS e, permitir ao usuário determinar a Estação GPS mais próxima do lugar onde se encontra. Desta forma serão apresentados Mapas Temáticos das Redes de Estações Ativas dos órgãos (IBGE, INCRA e Santiago e Cintra), onde, serão apresentados alguns quantitativos dessas Redes GPS. Além disso, é apresentado como subsidio na orientação ao usuário, o Diagrama de Voronoi, aplicado às Redes de Estações Ativas GPS.

## 1. Introdução

Em muitos ramos da ciência, um grande impulso foi dado após a II Guerra Mundial, quando se intensificou o uso da eletrônica e começou surgir como base a instrumentação. Surgiram, nesta época, dois importantes sistemas, conhecidos pelos nomes de Loran (Long Range Navigation, ou Navegação de Longo Alcance) e Decca. Ambos se baseavam por ondas de Rádio de alta frequência, onde possuíam uma estação fixa, e outra em movimento. O modelo determinava distância entre o emissor e o receptor, utilizando 3 estações, onde se tinha sua respectiva posição, através do método da trilateração. A variável em si apresentava algumas limitações. Em primeiro lugar, o alcance de uma estação emissora era, em geral, restrito a algumas centenas de quilômetros.

O sistema Omega (Logsdon, 1992), semelhante ao sistema Loran e Decca, utilizava-se ondas de baixa frequência, dando assim um maior alcance. Apenas de oito estações fixas, localizado no Noruega, Livéram Havaí, Dakota do Norte (Estados Unidos), Ilha de Diego Garcia (Oceano Indico), Argentina, Austrália e Japão, sua abrangência era Mundial. O modelo apresentava também algumas restrições, com a presença de interferências elétricas, atmosféricas e topográficas.

Com o lançamento do Satélite Sputnik I pelos Russos em 1957, se deu início a era espacial, onde entravam em operação os Satélites para posicionamento geodésico.

A partir de 1967, foi liberado para uso civil, o sistema denominado Navy Navigation Satellite System (NNSS/Transit), (Logsdon, 1992). O Sistema NNSS/Transit funcionava baseada no efeito Doppler, onde a frequência de um sinal emitido por uma fonte em deslocamento é alterada, assim passou a ser muito utilizado, mas o Transit apresentava algumas limitações: o pequeno número de satélites e sua baixa órbita impediam que pudesse obter a posição do receptor em



qualquer momento; por se basear no efeito Doppler, apresentava elevada imprecisão quando o receptor se movimentava.

Em 1973, nasce um novo sistema de navegação e posicionamento, conhecido como Navstar / GPS ( Navigation Satellite With Timing and Ranging / Global Positioning System). Esse sistema de domínio do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) destinava-se a fornecer uma posição instantânea e a velocidade de um ponto sobre a superfície terrestre, ou próxima a ela. Assim, o GPS se tornou até hoje, o instrumento mais sofisticado, para posicionamento e navegação.

### **1.1. Objetivo Geral:**

Descrição de aspectos gerais do sistema GPS e elaboração de um modelo, onde, usuário GPS possa ser orientado quanto à utilização de Redes de Estações Ativas GPS mais próximas de sua localização.

### **1.2. Objetivos Específicos:**

Apresentar mapas temáticos descrições e potencialidades de redes GPS ativas existentes e fornecer através de Diagramas de Voronoi orientação ao usuário GPS, na utilização de uma Estação Ativa GPS mais próxima de um determinado lugar.

## **2. Fundamentação Teórica.**

### **2.1 Sistema de Posicionamento Global (GPS)**

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa (DoD – Department of Defense) dos Estados Unidos da América com o

objetivo de ser o principal sistema de navegação das forças armadas americanas. (Beraldo e Soares, 1995).

### 2.1.1 Segmento Espacial

O segmento espacial do GPS é composto por uma cobertura mundial em qualquer parte do globo terrestre, incluindo os pólos, de forma que existam, pelo menos, quatro satélites visíveis com elevação acima de  $15^\circ$  em relação ao horizonte, vinte quatro horas por dia. De fato, em algumas regiões da Terra é possível a obtenção de 8 ou mais satélites visíveis ao mesmo tempo em regiões equatoriais (Beraldo e Soares, 1995).

O sistema GPS apresenta em torno de vinte e quatro satélites ativos, circulando ao redor do planeta Terra em órbitas elípticas (quase circulares), inclinadas com ângulo de  $55^\circ$  em relação ao equador. Apresenta-se em seis planos orbitais, com intervalos longitudinalmente de  $60^\circ$ . Cada órbita é composta por quatro satélites, defasados entre si  $90^\circ$  na órbita, com uma altitude média de 20.200 Km. A Figura 1 mostra de forma esquemática a constelação do segmento espacial do GPS (Beraldo e Soares, 1995).

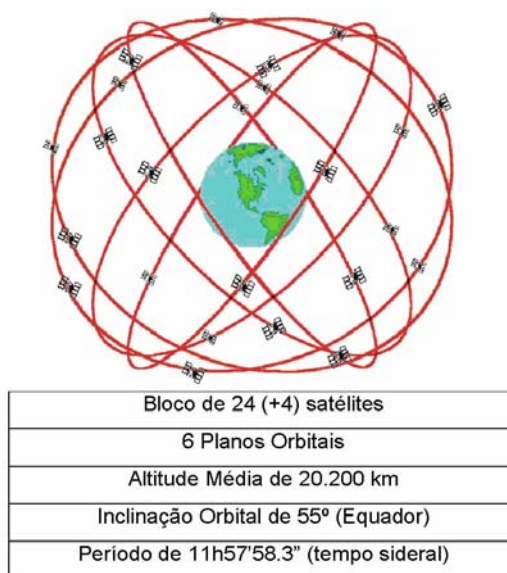


Figura 1 - Atual Plano Orbital da Constelação GPS

### 2.1.2 Segmento de Controle

Segundo Beraldo e Soares, (1995) este segmento do GPS compreende o Sistema de Controle Operacional o qual consiste de uma estação de controle mestra, estações de monitoramento mundial e estações de controle de campo. O sistema de controle determina a precisão das órbitas, sincronização dos relógios de satélites, transferência de dados atualizados de efemérides para cada buffer dos satélites, controle da degradação do sinal (S/A e A/S); correção do posicionamento dos satélites por comandos de terra e controle de lançamento de novos satélites para manutenção da constelação.

A estação mestra de controle segundo Beraldo e Soares, (1995) era situada na Base da Força Aérea dos Estados Unidos em Vandenberg – Califórnia, a estação mestra localiza-se hoje na Base Falcon da USAF em Colorado Springs – Colorado. Esta estação, além de monitorar os satélites que passam pelo EUA reúne os dados das estações de monitoramento e de campo, processando-os e gerando os dados que efetivamente são transmitidos aos satélites.

Existem cinco estações de monitoramento, incluindo a estação mestra: Hawaii, Colorado Springs, Ilha da Ascension, no Atlântico Sul, Diego Garcia, no oceano Índico e Kwajalein, no Pacífico. A Figura 2 mostra a localização das Estações de Controle e Monitoramento GPS (Beraldo e Soares, 1995).

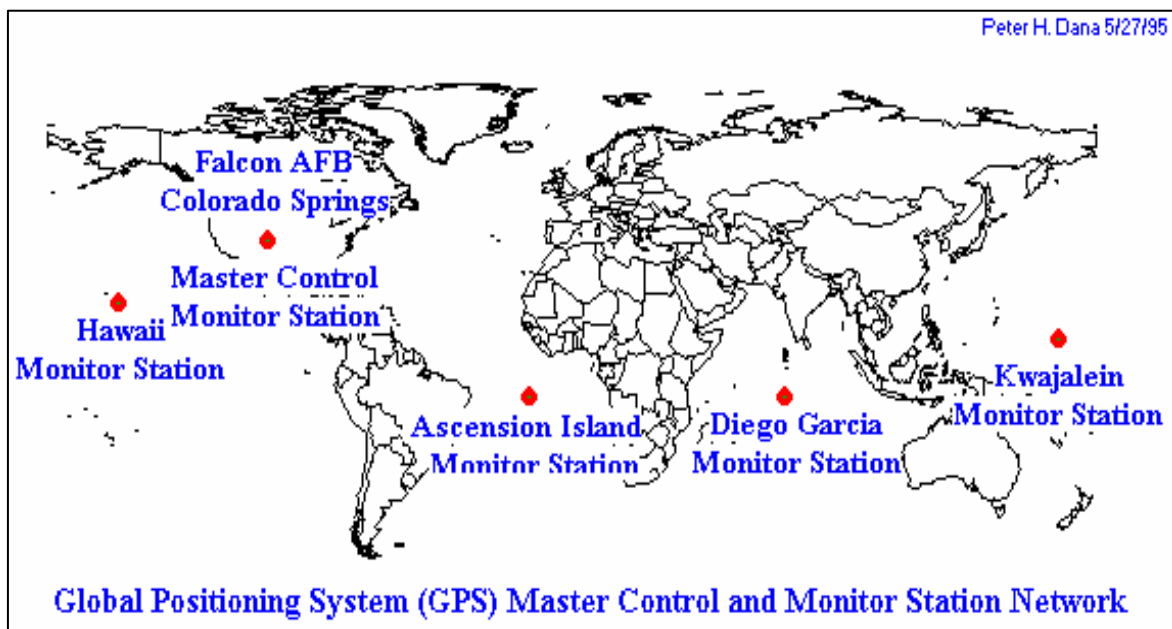


Figura 2 - Estações de Controle e Monitoramento GPS

### 2.1.3 Segmento de Usuários

O segmento de usuários do GPS compreende o conjunto de usuários do sistema, os diversos tipos de receptores e os métodos de posicionamento por eles utilizados. A Figura 3 ilustra alguns aspectos do segmento de usuários GPS (Beraldo e Soares, 1995).



Figura 3 – Segmento de Usuários

## 2.2 Estrutura do Sinal GPS

Os satélites transmitem duas frequências portadoras da banda L. O grupo de frequência de radio desta banda oscila de 1.000,0 MHz a 3.000,0 MHz. A portadora L1 possui frequência de 1.575,42 MHz e a L2 de 1.227,60 MHz. A portadora L1 é modulada por três códigos (C/A, P e D), enquanto a L2 é modulada somente pelos códigos P e D (Beraldo e Soares, 1995).

Os códigos de modulação são divididos em dois grupos: Códigos Pseudo-Randômicos para medição de distâncias (Ranging Codes) e Códigos de Efemeridades, Navegação e Correções (D) (Beraldo e Soares, 1995).

Os códigos Pseudo-Randômicos para medição de distância (Ranging Codes) são compostos pelos códigos: C/A (corase/Acquisition), código de Acesso Livre ou Civil, e o código P (precise) (Beraldo e Soares, 1995).

O código C/A é modulado somente pela frequência L1, onde, base de cálculo da pseudo-distância para o SPS (Standard Positioning Service), é o mais afetado pela interferência do S/A (Selective Availability), erro de oscilador introduzido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) (Beraldo e Soares, 1995).

O código P (precise), código preciso, é gerado na frequência fundamental  $f_0 = 10,23$  MHz. Este código permite posicionamento através de PPS (Precise Positioning Service), com uma precisão em Tempo Real, superior ao SPS (Standard Positioning Service) melhor que dez metros. Porém é de uso militar e quando encriptado transforma-se em Código Y (Beraldo e Soares, 1995).

O código de Efemérides, Navegação e Correções (D) código transmite as seguintes informações: Tempo GPS do Satélite (Satélite Clock), dados orbitais dos Satélites (efemérides), dados de saúde do Satélite e, dados de Correções

Ionosféricas. A Figura 4 mostra de forma esquemática a estrutura do sinal GPS (Beraldo e Soares, 1995).

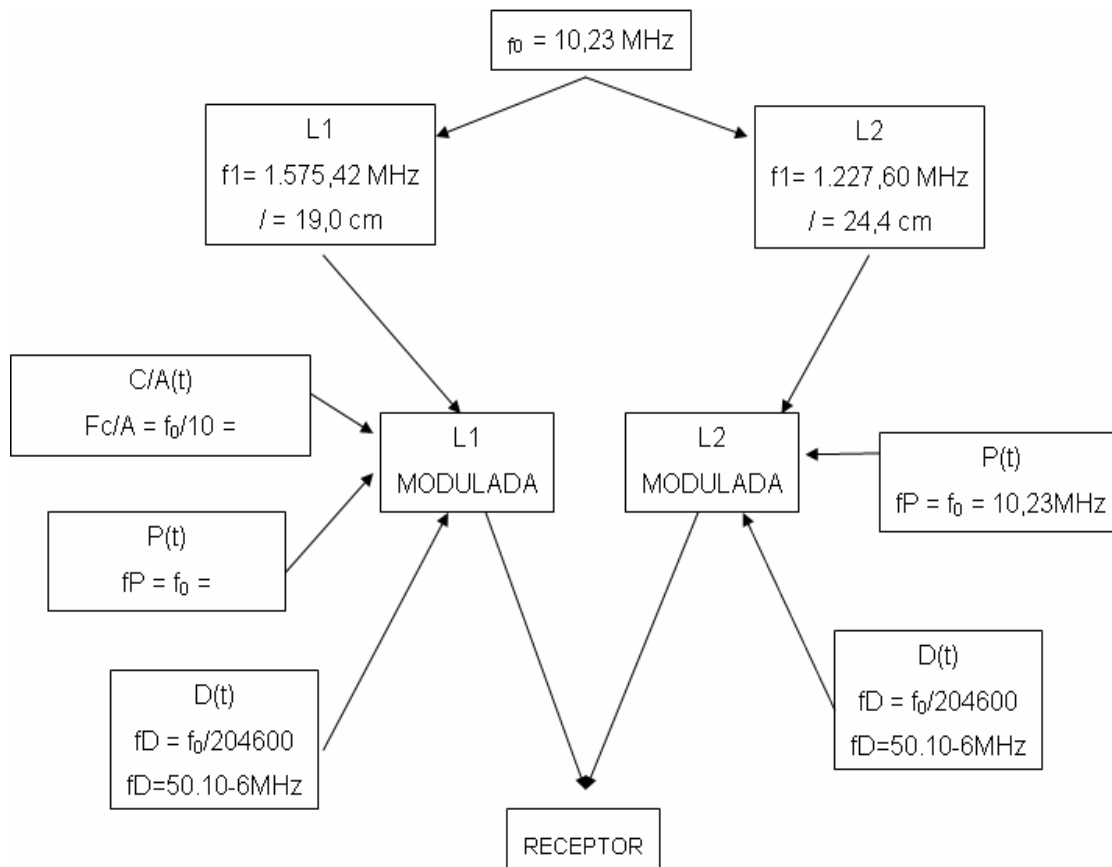


Figura 4 - Estrutura do Sinal GPS

## 2.3 Métodos de Posicionamento

### 2.3.1 Método Posicionamento Absoluto

O Posicionamento Absoluto (point positioning), é obtido pelos códigos de pseudo-distância (Ranging Codes) C/A e P. O termo pseudo-distância é utilizado pelo fato de a distância receptor-satélite calculada pelos ranging-codes C/A e P, ser uma aproximação da verdadeira distância, quando modelados os erros ionosféricos, troposféricos, ruídos, etc (Beraldo e Soares, 1995).

Os códigos são transmitidos por ondas eletromagnéticas, as quais viajam, aproximadamente, na velocidade da luz ( $c$ ), podendo-se a medir distância (instantânea) entre o satélite e a antena do rastreador pela equação simples do movimento. A Figura 5 ilustra o princípio do o cálculo da Pseudo-distância pelos ranging-codes (Beraldo e Soares, 1995).

Distância ( $d$ ) = Velocidade( $c$ ) X Tempo de percurso( $\Delta t$ )

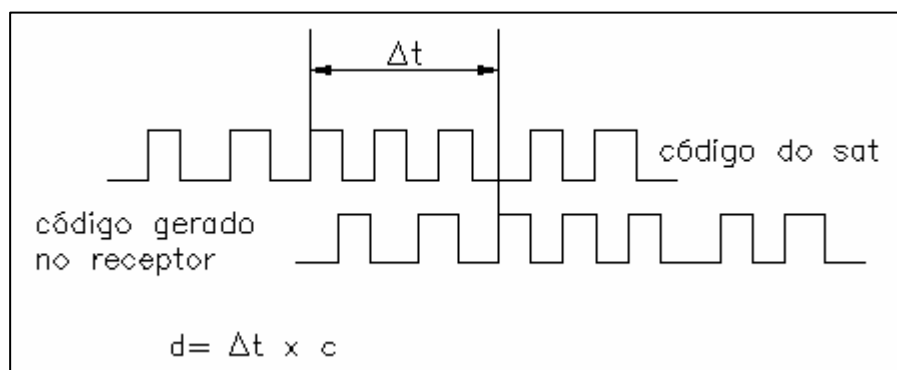


Figura 5 – Calculo da Pseudo-distância pelos ranging-codes

### 2.3.2 Método Diferencial

É o método de posicionamento em que posições absolutas, obtidas por um receptor móvel, são corrigidas por outro receptor fixo, estacionado num ponto de coordenadas de referência. Neste processo, são eliminados quase que totalmente, os erros (Beraldo e Soares, 1995). A Figura 6 mostra um esquema do princípio do processo de Correções Diferenciais (Beraldo e Soares, 1995).

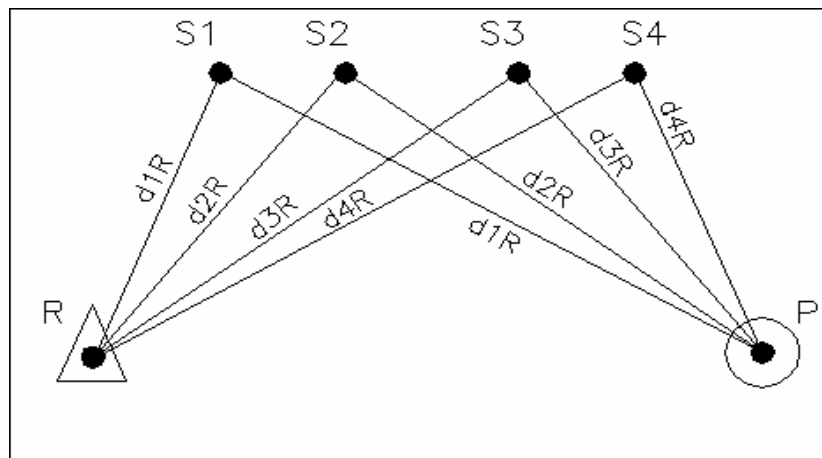


Figura 6 - Correções Diferenciais

O método DGPS (GPS diferencial) possui algumas variantes;

DGPS em tempo real: Nesta metodologia as correções diferenciais são transmitidas ao receptor remoto, por uma ligação rádio de dados, utilizando o protocolo RTCM-SC-104 (Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee n° 104), que especifica o modo de transmissão de dados dos GPS (por link de rádio) para estas correções. O receptor móvel, poderá então gravar seus dados e arquivos no próprio receptor, para posteriormente descarregar os dados para CAD (Computer Aided Design ou GIS (Geographical Information System. Este processo fornece precisão de 1 a 10 metros, dependendo do DOP (diluição da precisão) (Beraldo e Soares, 1995). A Figura 6 mostra de forma esquemática o método DGPS em tempo Real (Beraldo e Soares, 1995).



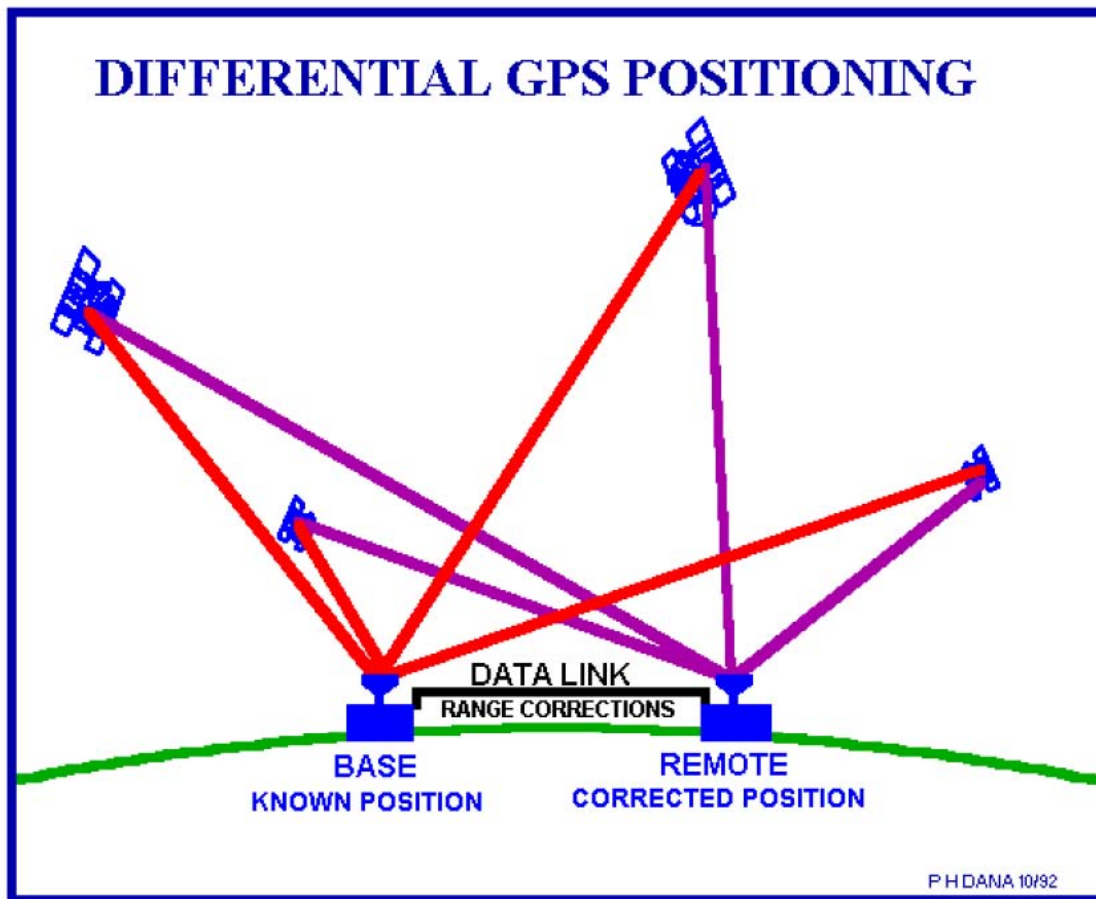


Figura 7 – DGPS em Tempo Real

DGPS Pós-processado: Nesta metodologia não existe ligação link de rádio entre os receptores fixo e móvel. A correção diferencial se faz á posterior com os dados dos receptores descarregados e processados por um software próprio (Beraldo e Soares, 1995).

O método diferencial tem as seguintes restrições:

- Distância máxima entre receptores fixo e movel = 480 Km.
- Os satélites rastreados no ponto remoto devem estar incluídos no rol de satélite recebidos no ponto base (fixo).

### 2.3.3 Método Relativo

Este método é o mais preciso de todas as técnicas de geoposicionamento GPS, baseia-se na medida das distâncias receptor-satélite, não pela comparação dos ranging-codes, mas pela mensuração das distâncias através da própria onda portadora, por processos interferométricos. Os cálculos interferométricos consistem em diferenças de fase das portadoras L1 e L2, deixando o satélite e chegando à antena do receptor.

Modelando as diferenças de fase, calcula-se o número inteiro de comprimentos de onda entre o receptor e o satélite, conhecido como ambigüidade inteira. Resolvendo-se as ambigüidades para cada satélite, basta multiplicar estes inteiros pelo comprimento de onda  $\lambda$ , de cada portadora, somando-se as diferenças de fase, para obter-se, não a pseudo-distância, mas a verdadeira distância ( $p$ ) entre o receptor e o satélite, (Beraldo e Soares, 1995).

O Método relativo apresenta técnica de posicionamento Estático, Estático Rápido, Cinemático, Semi-cinemático (stop and go) e Cinemático em Tempo Real (RTK) .

No método Estático os receptores (base e remoto) ficam estacionados em seus pontos por um período de tempo (de 30 min a 4 horas, dependendo da distância da Linha de Base, ou dos tipos de receptores mono ou dupla freqüência). As precisões típicas desta técnica variam com tamanho da Linha de Base, sendo dadas em PPM (partes por milhão da distância do receptor-base ao receptor móvel). A Tabela 1 mostra precisões típicas considerando o tempo de rastreamento e a Linha de Base (Beraldo e Soares, 1995).

Tabela 1 – Precisões típicas em função do tempo e Linha de Base

<b>Tempo</b>	<b>Distância Linha de Base</b>	<b>PPM</b>
até 45 min	até 20 km	0,01 PPM
até 2 horas	até 100 km	0,1 PPM
até 4 horas	acima 100 km (somente receptores de dupla frequência)	0,1 PPM

O método Estático Rápido difere do estático somente pelo tempo durante o período de ocupação da estação, que neste caso não passa de 20 minutos. A utilização deste método tem um intuito para levantamento de alta produtividade, onde são utilizados receptores de simples (L 1) e dupla frequência (L1 e L2). No campo deve-se ter um receptor fixo servindo como base, coletando dados continuamente, enquanto o receptor móvel percorre as áreas e pontos de interesse, permanecendo entorno de 5 a 20 minutos em cada ponto. A vantagem é que não há necessidade de rastreamento durante as mudanças de pontos de interesse e nem a necessidade do receptor ficar ligado durante o percurso ( Bernardi, J.V.E e Landim, P.M.B , 2002).

O método Cinemático permite a movimentação do receptor móvel, desde que, antes da movimentação, uma Linha de Base tenha sido calculada, com precisão de até 5 cm de desvio padrão. Este processo é utilizado para determinar as coordenadas dos centros perspectivos de aerofotos, eliminando assim, os pontos de controle de campo, barateando sobremaneira, projetos aerofotogramétricos. É também utilizado para digitalizações de superfície reais com altíssima precisão, como por exemplo, a determinação de bueiros ou caixa de coleta, no mapeamento de linhas subterrâneas de água e esgoto. Contudo, este método, apresenta uma grande inconveniência. É necessário manter o *lock on* com no mínimo 4 satélites, se ocorrer a perda do *lock*, é necessário voltar ao último ponto de coleta, estacionar por uns 3 minutos, prosseguindo então com o levantamento (Beraldo e Soares, 1995).

No método Semi-Cinemático a metodologia baseia-se na solução do vetor de ambigüidade, presente numa linha base a determinar, onde requer a sintonia geométrica entre as estações e os satélites. O tempo de coleta dos dados deve ser entorno de 20 a 30 minutos, para proporcionar alteração na geometria dos satélites. Este método requer sintonia entre os receptores continuamente, rastreando os mesmo satélites durante as visadas às estações, se ocorrer o caso de perda geométrica entre os satélites, deve-se ocupar o ponto anterior novamente, em seguida após a ocupação, avança-se novamente para o ponto de coleta desejado. Com utilização de receptores de freqüência simples (L1) as distâncias entre Linhas de Base não devem ultrapassar de 10 Km ( Bernardi, e Landim, 2002).

No método Cinemático em Tempo Real (RTK) é necessário que os dados coletados na estação de referência sejam transmitidos para o receptor móvel ou de caminhamento, necessitando de um *link* de rádio. Trata-se de um método similar ao DGPS em tempo real, só que neste caso utiliza-se a fase de onda portadora e no DGPS usam-se as pseudo-distâncias. Resumidamente este sistema consiste de dois receptores de dupla ou simples freqüência com as respectivas antenas de link de radio para transmitir as correções e/ou observações da estação de referência. Uma das limitações desta técnica diz respeito à utilização de *link* de rádio na transmissão dos dados para as correções. Por esse motivo faz-se uso de rádio com freqüências de VHF ou UHF, limitando assim, na maioria das vezes, seu uso em distâncias menores que 3 a 4 Km da estação fixa. A precisão deste método é da ordem de poucos centímetros ( Bernardi e Landim, 2002).

## 2.4 Sistema de Projeção Cartográfica e Datum Geodésico

### 2.4.1 A forma da Terra

A Terra não é um corpo rígido possui, irregularidades nos seus movimentos de rotação e translação. Conseqüentemente o seu eixo Norte-Sul sofre pequenas variações de posicionamento, cabendo a instituições científicas o monitoramento da forma e movimentos da Terra (Beraldo e Soares, 1995).

A forma geométrica que define matematicamente, de maneira mais próxima, a feição física da Terra é o elipsóide de revolução, onde o eixo menor é a linha que liga os dois pólos e o eixo maior define o diâmetro terrestre médio no plano do Equador. A Figura 13 mostra o Elipsóide de Revolução com alguns de seus elementos representando a Superfície da Terra (Beraldo e Soares, 1995).

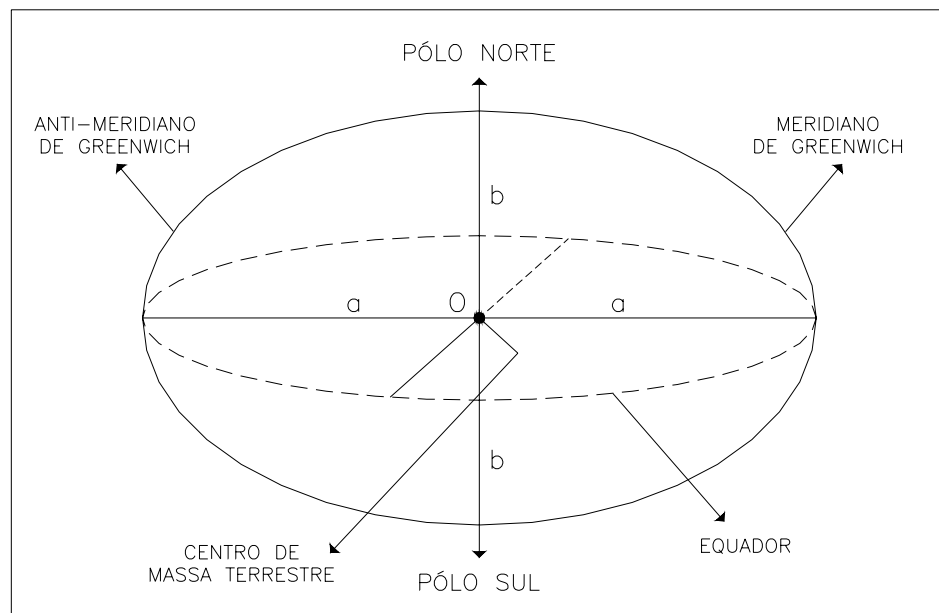


Figura 8 – Elipsóide de Revolução representando a Superfície da Terra.

### 2.4.2 Sistema global e sistemas locais

Ao longo do tempo foram testados vários elipsóides Globais de revolução para melhor definir a Terra. Assim, com os avanços dos equipamentos geodésicos tornando-se mais precisos, surgiram estudos na determinação de novos valores de elipsóides na proposta de definir uma melhor figura para a Terra. Entretanto cada parte da Terra possui suas particularidades físicas, onde as coordenadas são determinadas utilizando um elipsóide local. A Figura 14 ilustra estes conceitos mostrando o ajustamento de Elipsóides Locais ao Geóide em relação ao Elipsóide Global (Beraldo e Soares, 1995).

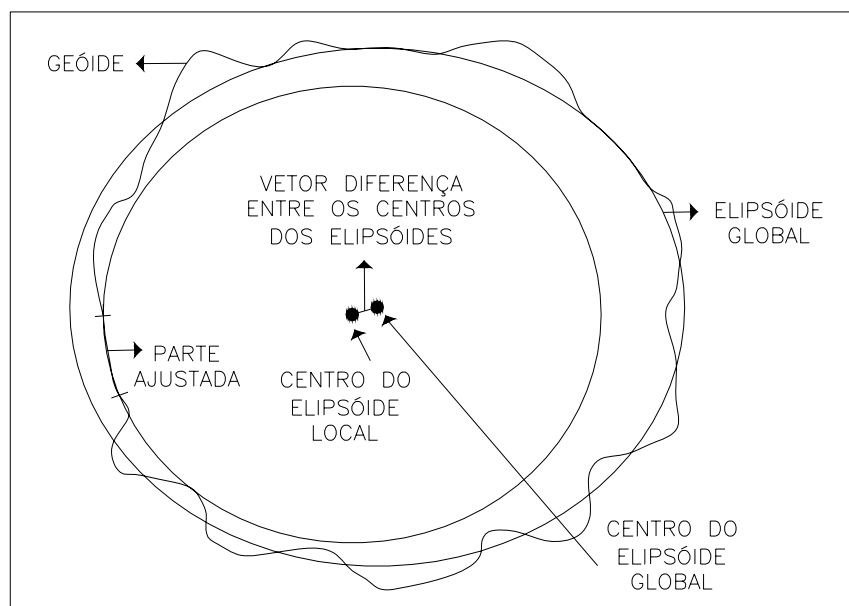


Figura 9 – Ajustamento de Elipsóides Locais ao Geóide em relação ao Elipsóide Global.

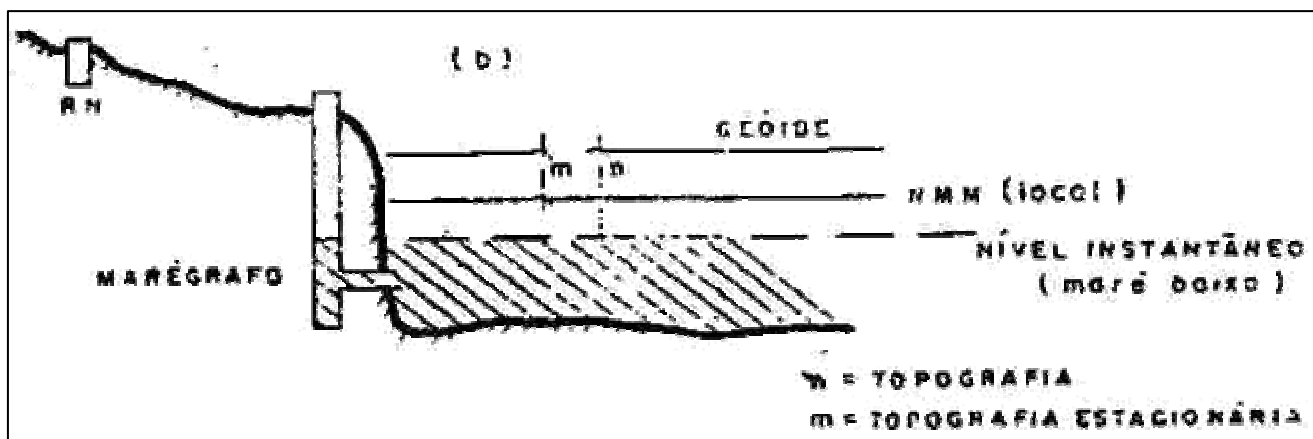
### 2.4.3 Datums Horizontais

Datum horizontal é o sistema de coordenadas terrestres, referenciadas a um determinado elipsóide, as coordenadas podem ser geográficas, cartesianas ou planas. No Brasil adotam-se tanto datums locais como Córrego Alegre, SAD – 69 e Astro-Chuá, quanto datums globais como WGS84 e SIRGAS2000.

#### 2.4.4 Referencias Altimétricas

A representação da altitude em função do elipsóide torna-se muito difícil, pois não se conhece exatamente a situação do elipsóide em relação à superfície terrestre. Com isso se adota uma referência em relação ao nível dos mares, chamada de Geóide. Superfície que possui a mesma aceleração da gravidade em todos os seus pontos, sendo então, uma superfície eqüipotencial.

No Brasil, adotou-se na cidade de Imbituba-SC, o marégrafo com cota zero, fixada como ponto de origem de todas as altitudes ortométricas. O IBGE, utilizando a metodologia de redes de nivelamento geométrico, espalhou pelo Brasil as Referencias de NÍVEL (RN) amarrados a cota zero de Imbituba-SC, que é conhecido como Datum Vertical de Imbituba-SC. A Figura 15 mostra de forma simplificada o esquema de um Datum Vertical (Beraldo e Soares, 1995).



Segundo (Beraldo & Primo, 1995) a altitude de um ponto pode ser representada como:

- Altitude Elipsoidal, onde é referente ao elipsóide do Datum Horizontal adotado.

- Altitude Ortométrica (  $H$  ), referente ao Geóide (Nível Médio dos Mares) medido em função de Imbituba-SC, sendo único, independente do datum adotado.
- A diferença entre as duas altitudes é chamada de Ondulação Geoidal (  $N$  ). A Figura 16 mostra um esquema simples das Referências Altimétricas (Beraldo e Soares, 1995).

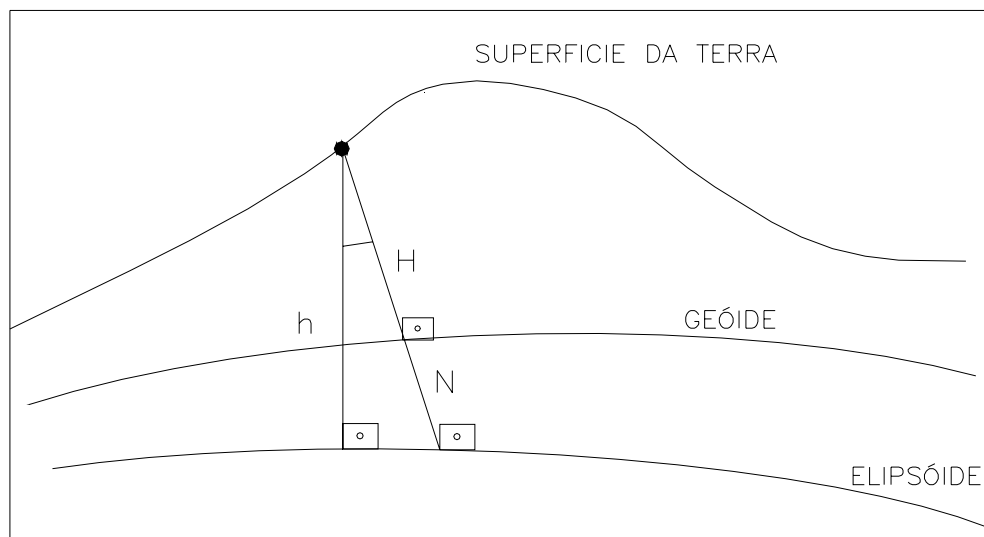


Figura 11 – Referência Altimétrica.

#### 2.4.5 Sistema de Coordenadas

Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006), a construção do Sistema de Coordenadas é necessário para expressar a posição de pontos sobre uma superfície, seja ela um elipsóide, esfera ou um plano. Para o elipsóide, ou esfera, usualmente empregamos um sistema de coordenadas cartesianas e curvilíneo ( Paralelos e Meridianos). Para o plano, um sistema de coordenadas cartesianas  $X$  e  $Y$  é usualmente aplicável. Para amarrar a posição de um ponto no espaço, é necessário que tenha a terceira coordenada que é denominada altitude. A altitude de um ponto qualquer pode ser ilustrada na Figura 17, onde o primeiro tipo ( $h$ ) é a distância contada a partir do geóide (que é superfície de referência para contagem das altitudes ortométricas) e o segundo



tipo (H), denominado Altitude Geométrica é contada a partir da superfície do elipsóide (IBGE, 2006).

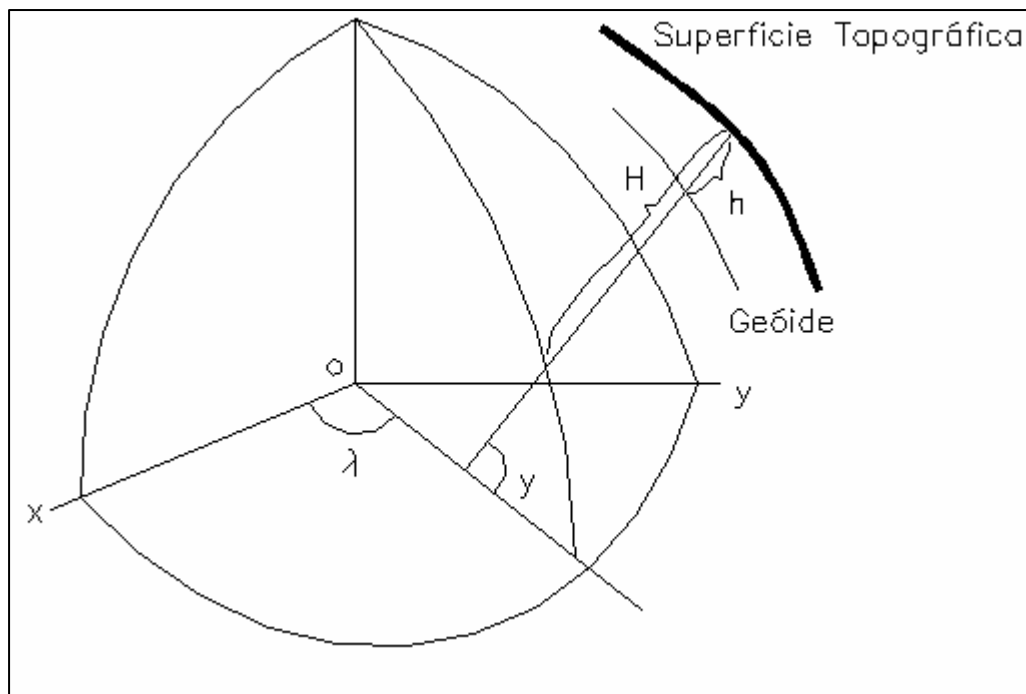


Figura 12 - Sistema de Coordenadas (IBGE, 2006)

#### 2.4.6 Meridianos e Paralelos

Segundo O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006) Meridianos e Paralelos são definidos como segue:

**Meridianos** – São Elipses que, cortam a Terra em duas partes iguais de pólo a pólo. Sendo assim, todos os meridianos se cruzam entre si, em ambos os pólos. O meridiano de origem para contagem de longitudes é o de Greenwich ( $^{\circ}0$ ).

**Paralelos** – São círculos que cruzam os meridianos perpendicularmente, isto é, em ângulos retos. Apenas um é círculo máximo, o Equador ( $^{\circ}0$ ). Os outros, tanto no hemisfério Norte quanto no hemisfério Sul, vão diminuindo de tamanho à

proporção que se afastam do Equador, até se transformarem em cada pólo ( $^{\circ}90$ ), num ponto conforme pode ser visto na Figura 13.

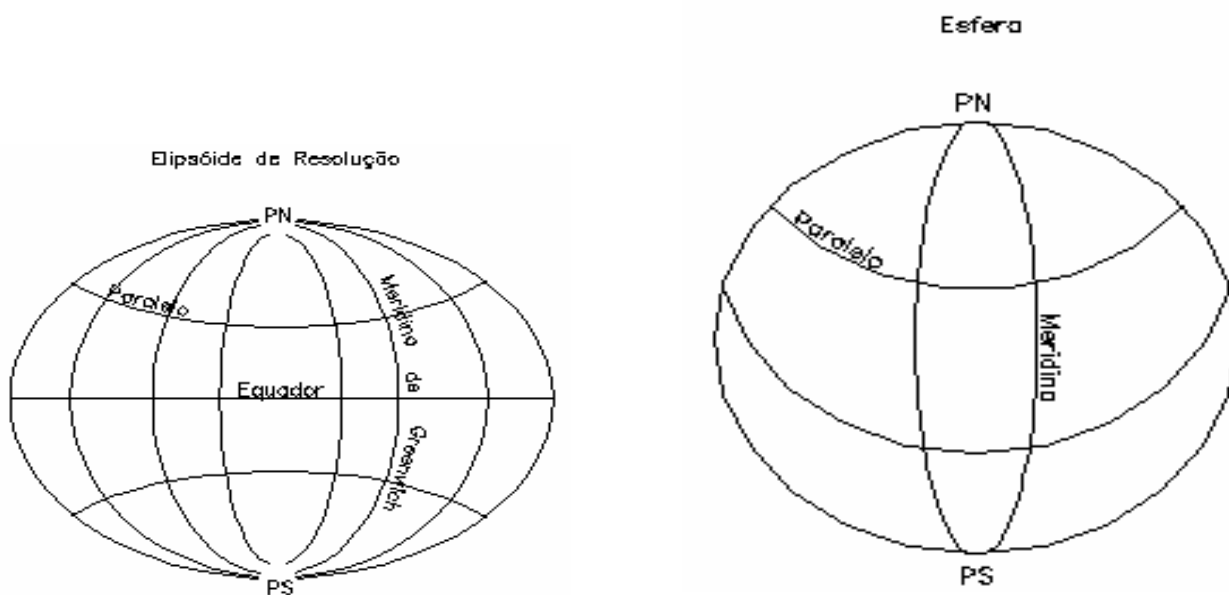


Figura 13 – Paralelos e Meridianos (IBGE, 2006)

#### 2.4.7 Latitude e Longitude da Terra com Referência ao Elipsóide

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), define Latitude e Longitude tendo o Elipsóide como Referência para a Terra.

Latitude Geodésica ( $\varphi$ ) – é o ângulo formado entre a normal ao elipsóide de determinado ponto e o plano do Equador.

Longitude Geodésica ( $\lambda$ ) – é o ângulo diedro formado entre o plano do Meridiano do lugar e o plano meridiano tomado como origem (Meridiano de Greenwich).

#### 2.4.8 Projeção utilizada no sistema UTM

A Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) desenvolvida durante a 2<sup>a</sup> Guerra Mundial é, em essência, uma modificação da Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator (IBGE, 2006). A Figura 19 mostra de forma simplificada um esquema da sua concepção.

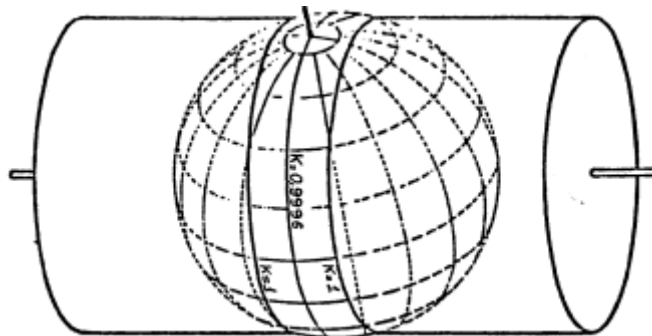


Figura - 14 Concepção da Projeção UTM

O mundo é dividido em 60 fusos, onde cada um se estende por  $6^\circ$  de longitude. Os fusos são numerados de um a sessenta começando no fuso  $180^\circ$  a  $174^\circ$  W Gr. e continuando para Este. Cada um destes fusos é gerado a partir de uma rotação do cilindro de forma que o meridiano central divide o fuso em duas partes iguais de  $3^\circ$  de amplitude (IBGE, 2006).

O quadriculado UTM está associado ao sistema de coordenadas plano-retangulares, tal que um eixo coincide com a projeção do Meridiano Central do fuso (eixo N apontando para Norte) e o outro eixo, com o do Equador. Assim cada ponto do elipsóide de referência (descrito por latitude, longitude) estará biunivocamente associado ao terno de valores Meridiano Central, coordenada E= e coordenada N= (IBGE, 2006).

Avaliando-se a deformação de escala em um fuso UTM (tangente), pode-se verificar que o fator de escala é igual à unidade (1.0) no meridiano central e aproximadamente igual a 1.0015 (erro de  $1/666$ ) nos extremos do fuso. Desta forma, atribuindo-se a um fator de escala  $k = 0,9996$  ao meridiano central do sistema UTM (o que faz com que o cilindro tangente se torne secante), torna-se possível assegurar um padrão mais favorável de deformação em escala ao longo do fuso. O erro de escala fica limitado a  $1/2.500$  no meridiano central, e a  $1/1030$  nos extremos do fuso.

A cada fuso associamos um sistema cartesiano métrico de referência, atribuindo à origem do sistema (interseção da linha do Equador com o meridiano central) as

coordenadas 500.000 m, para contagem de coordenadas ao longo do Equador, e 10.000.000 m ou 0.0 m, para contagem de coordenadas ao longo do meridiano central, para os hemisfério sul e norte respectivamente. Isto elimina a possibilidade de ocorrência de valores negativos de coordenadas (IBGE, 2006).

### 3 - Metodologia

#### 3.1 Área de Estudo, Aquisição e Tratamento de Dados.

A abrangência do presente trabalho inclui todo o território brasileiro, onde serão identificadas, discutidas e avaliadas as Redes de Estações Ativas existentes administradas por diferentes órgãos ou entidades públicas ou privadas. A Figura 20 mostra o território brasileiro onde já existem várias redes GPS que serão objeto de discussão neste trabalho.



Figura 15 - Mapa de Série do Brasil Geográfico (IBGE, 2006)

Os softwares utilizados na análise foram ArcGis 9.0, Mapinfo 7.0, DataGeosis 2.0 e Microsoft Office 2003;

Os dados utilizados no trabalho foram obtidos nos sites: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), [www.santiagoocintra.com.br](http://www.santiagoocintra.com.br) e [www.incra.gov.br](http://www.incra.gov.br).

### 3.2 Rede de Estações Ativa GPS

Uma Rede de Estações Ativas GPS é um conjunto de pontos de coordenadas precisamente determinada em um sistema de referência geodésica. Instalados sobre esses pontos conhecidos, operam receptores de sinais de satélites de posicionamento com sistemas de comunicação de dados. A operação pode se dar por um certo período ou continuamente, gerenciada por um centro operacional responsável por manter o sistema e divulgar os dados via rede.

A Rede de Estações Ativas possui uma característica fundamental que é torna-se de uso público quando o vértice estabelecido para a estação ativa deva fazer parte do Sistema Geodésico Brasileiro – SGB.

As Redes de Estações Ativas aqui discutidas são aquelas que produzem dados para pós-processamento, ou seja, o usuário faz sua coleta de dados, obtém os correspondentes dados das Redes de Estações Ativas, e processa o conjunto.

#### 3.2.1 Rede de Estações Ativas IBGE

O IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) é um órgão público, gestor do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e responsável pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC. O IBGE fornece o acesso gratuito aos dados no formato RINEX, com duração aproximadamente de 24 horas e taxa de aquisição de 15 segundos. A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC emprega receptores com duas frequências (L1 e L2). É política do IBGE melhor adequá-la aos conceitos e padrões demandados pelos requisitos dos usuários.

Os dados da RBMC podem ser obtidos diretamente no site do IBGE ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)). A Tabela 2 mostra o Banco de Dados de coordenadas da Rede de Estações Ativa – IBGE e a Figura 21 mostra o Mapa Temático de localização da Rede de Estações Ativas – IBGE.

Tabela 2 – Banco de Coordenadas dos pontos da Rede de Estações Ativas - IBGE

ID	Estado	Cidade	G_Long	M_Long	S_long	G_lat	M_lat	S_lat	Long_deg	Lat_deg	N	E
1	Amazonas	Manaus/Mana *	60	3	19,8834	3	6	56,835	-60,05552317	-3,11578750	9655149,812	827310,834
2	Amazonas	Manaus/Nanus	60	3	16,2335	3	1	21,206	-60,05450931	-3,02255722	9665468,236	827452,063
3	Bahia	Bom Jesus da Lapa	43	25	16,8024	13	15	18,4236	-43,42133400	-13,25511767	8534106,082	671036,256
4	Bahia	Salvador	38	30	43,201	13	0	29,6051	-38,51200028	-13,00822364	8561899,172	5552918,381
5	Ceará	Crato	39	24	54,8826	7	14	15,4144	-39,41524517	-7,23761511	9199959,790	454158,780
6	Ceará	Fortaleza/Euzébio/FORT *	38	25	30,9494	3	52	37,4397	-38,42526372	-3,87706658	9571437,974	563809,669
7	Ceará	Fortaleza/Euzébio/BRFT	38	25	30,6747	3	52	37,4501	-38,42518742	-3,87706947	9571437,649	563818,141
8	Distrito Federal	Brasília	47	52	38,7376	15	56	49,2964	-47,87742711	-15,94702678	8234791,575	191946,760
9	Maranhão	Imperatriz	47	29	48,5164	5	29	28,9729	-47,49681011	-5,49138136	9392439,519	223346,605
10	Mato Grosso	Cuiabá	56	4	9,7174	15	33	17,4029	-56,06936594	-15,55483414	8280082,107	599791,609
11	Minas Gerais	Governdador Valadares	41	57	25,9925	18	51	18,4681	-41,95722014	-18,85513003	7912594,141	188373,200
13	Minas Gerais	Montes Claros	43	52	51,2599	16	43	11,7643	-43,88090553	-16,71993453	8151085,181	619302,350
14	Minas Gerais	Uberlândia	48	18	59,4699	18	53	20,6638	-48,31651942	-18,88907328	7909294,703	782705,941
15	Minas Gerais	Varginha	45	26	3,9821	21	32	31,9258	-45,43443947	-21,54220161	7617772,653	455013,81
16	Minas Gerais	Viçosa	42	52	10,4763	20	45	39,6537	-42,86957675	-20,76101492	7702831,024	721802,209
17	Para	Belém	48	27	43,63	1	24	30,3825	-48,46211944	-1,40843958	9844170,445	782411,708
18	Paraná	Curitiba	49	13	49,7012	25	26	52,3651	-49,23047256	-25,44787919	7184267,137	677928,377
19	Pernanbuco	Recife	34	57	4,3018	8	3	1,9813	-34,95119494	-8,05055036	9109597,729	284965,491
20	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	43	18	21,0747	22	49	2,4574	-43,30585408	-22,81734928	7475693,631	673869,848
21	Rio Grande do Sul	Porto Alegre	51	7	9,2863	30	4	24,758	-51,11924619	-30,07354389	6673047,825	488507,424
22	Rio Grande do Sul	Santa Maria	53	52	57,8008	29	43	6,3725	-53,88272244	-29,71843681	6709313,353	237255,027
23	Rondônia	Porto Velho	63	53	44,8294	8	42	32,2241	-63,89578594	-8,70895114	9037205,162	401458,948
24	São Paulo	Cananéia	47	55	28,1964	25	1	11,0907	-47,92449900	-25,01974742	7229668,515	204852,888
25	São Paulo	Presidente Prudente / UEPP **	51	24	28,9709	22	7	9,9678	-51,40804747	-22,11943550	7553888,233	457915,946
26	São Paulo	Ubatuba	45	7	6,4612	23	29	58,8605	-45,11846144	-23,49968347	7401149,698	487904,987



Figura 16 – Mapa Temático da Localização da Rede de Estações Ativas – IBGE



### 3.3.2 Rede de Estações Ativas INCRA

O INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) é um órgão público e responsável pela Rede INCRA de Bases Comunitárias do GPS – RIBaC. O INCRA fornece o acesso gratuito os dados no formato RINEX e SSF, com funcionamento de 24 horas por dia. A Rede INCRA de Bases Comunitárias RIBaC, emprega receptores com apenas uma frequência (L1), mas o órgão pretende melhor adequá-la as necessidades da comunidade de usuários. Os dados da RIBaC podem ser obtidos através do site do INCRA ([www.incra.gov.br](http://www.incra.gov.br)) (INCRA, 2006). A Tabela 3 mostra de forma resumida o Banco de coordenadas dos pontos da Rede de Estações Ativas – INCRA e a Figura 22 mostra o Mapa Temático da Rede de Estações Ativas – INCRA – RIBaC.

Tabela 3 – Banco de Coordenadas dos pontos da Rede de Estações Ativas – INCRA

	Estado	Cidade	G_Long	M_Long	S_Long	G_lat	M_lat	S_lat	LONG_DEG	LAT_DEG	N	E
1	Acre	Rio Branco	67	48	8,51187	9	57	55,87936	-67,80236441	-9,96552204	8898158,248	631278,816
2	Alagoas	Maceió	35	44	20,5256	9	39	52,06109	-35,73903489	-9,66446141	8930474,882	199401,363
3	Amapa	Macapá	51	3	23,30974	0	4	36,91659	-51,05647493	-0,07692128	9991497,854	493715,736
4	Amazonas	Manaus	59	59	27,3203	3	5	46,6474	-59,99092231	-3,09629094	9657293,234	167515,473
5	Ceara	Fortaleza	38	33	30,038	3	42	25,12753	-38,55834389	-3,70697987	9584721,056	549041,018
6	Distrito Federal	Brasília	47	52	45,85762	15	47	25,92136	-47,87940489	-15,79053371	8252117,619	191496,539
7	Maranhao	São Luiz	44	14	23,7255	2	33	0,65672	-44,23992375	-2,55018242	9718100,442	584497,044
8	Mato Grosso	Cuiabá	56	4	14,3153	15	33	56,6471	-56,07064314	-15,56573531	8278876,785	599649,398
9	Mato Grosso	Barra do Garças	52	15	23,0133	15	53	12,41524	-52,25639258	-15,88678201	8243178,298	365491,437
10	Minas Gerais	Montes Claros	50	18	15,2554	27	47	34,10797	-50,30423761	-27,79280777	3074455,662	431459,279
11	Minas Gerais	Belo Horizonte	43	55	30,391	19	56	29,47138	-43,92510861	-19,94151983	7794622,577	7794622,577
12	Minas Gerais	Inconfidentes	46	19	39,6647	22	19	5,10043	-46,32768464	-22,31808345	7531354,714	363253,731
13	Para	Santarém	54	43	44,47861	2	25	40,58708	-54,72902184	-2,42794086	9731424,941	752544,925
14	Para	Belém	48	26	4,59614	1	26	4,68115	-48,43461004	-1,43463365	9841268,910	785471,741
15	Para	Novo Progresso	55	24	34,94785	7	3	4,01393	-55,40970774	-7,05111498	9220298,563	675652,887
16	Parana	Curitiba	49	15	33,0333	25	26	1,68017	-49,25917592	-25,43380005	7185864,667	675062,007
17	Pernanbuco	Petrolina	40	30	22,26	9	23	4,23721	-40,50618333	-9,38451034	8962278,876	334609,150
18	Piaui	Teresina	42	48	45,30697	5	6	0,00911	-42,81258527	-5,10000253	9435867,96	742506,534
19	Rio Grande do Norte	Mossoró	37	19	31,49349	5	12	15,57304	-37,32541486	-5,20432584	9424501,702	685603,172
20	Rio Grande do Sul	Porto Alegre	51	7	0	30	4	0,01673	-51,11666667	-30,06667131	6673809,630	488755,254
20	Rio Grande do Sul	Santa Maria	53	42	59,82376	29	43	7,89684	-53,71661771	-29,71886023	6709265,129	237201,741
21	Roraima	Boa Vista	60	40	1,9631	2	48	55,324999	-60,66721197	2,81536806	311444,640	759342,412
22	Santa Catarina	Lages	50	18	15,25057	27	47	34,24704	-50,30423627	-27,79284640	6925540,058	568540,829
23	Tocantins	Palmas	48	19	50,32057	10	10	15,78874	-48,33064460	-10,17105243	8874467,540	792496,017

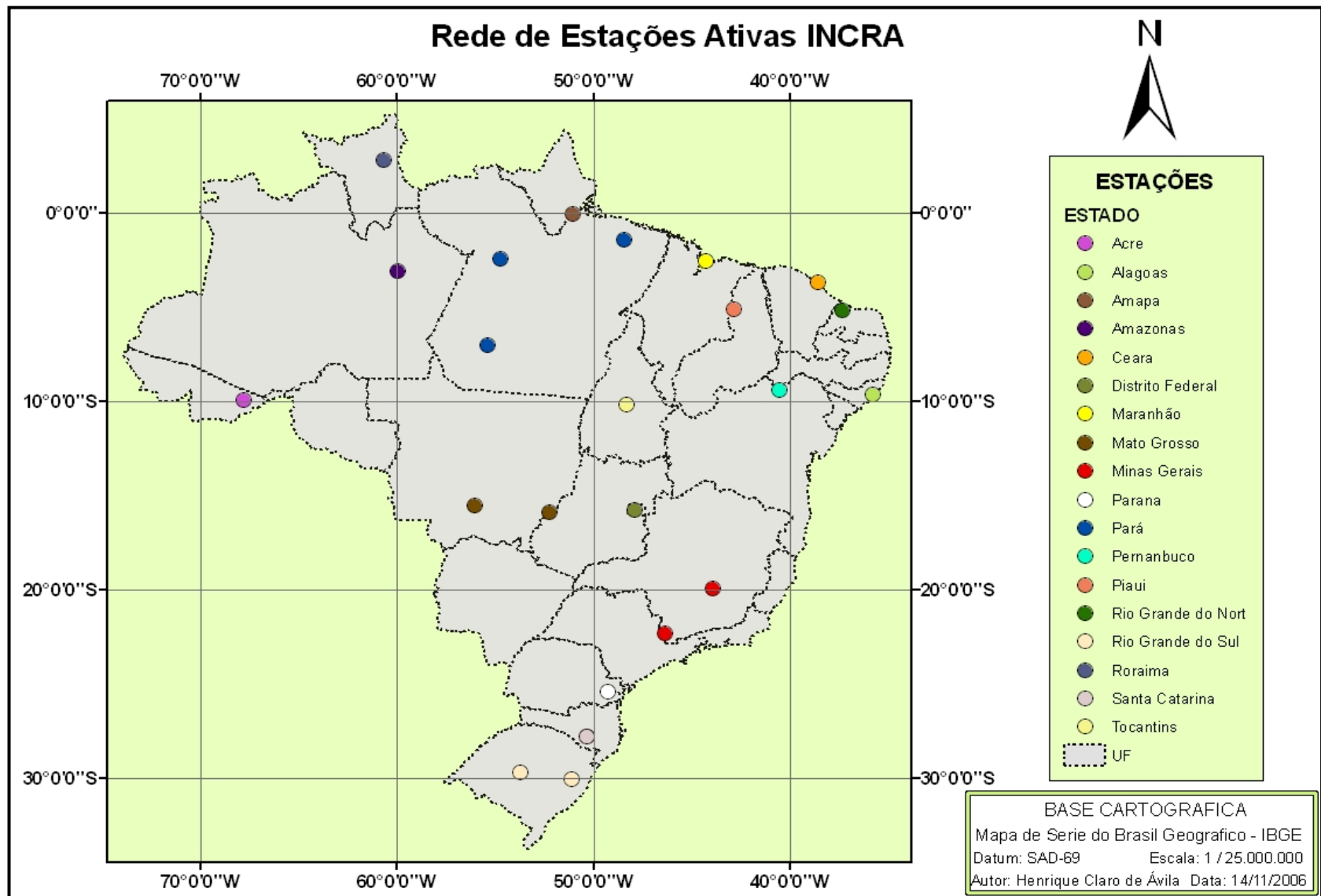


Figura 17 – Mapa Temático de Localização da Rede de Estações Ativas - INCRA

### 3.3.2 Rede de Estações Ativas Santiago e Cintra

A Santiago & Cintra é um órgão Privado e responsável pela Rede de Estações Ativa da Santiago & Cintra - SCNet. A Santiago & Cintra fornece o acesso gratuito aos clientes cadastrados, onde os dados estão no formato RINEX e SSF, com o funcionamento de 24 horas por dia. A SCNet (Rede de Estações Ativa da Santiago & Cintra), conta com 36 estações de referência GPS com uma só frequência (L1) (32 em pleno funcionamento e 4 em instalação), sendo 22 homologadas pelo IBGE e as demais em processo de homologação. Os dados podem ser obtidos através do site ([www.santiagoecintra.com.br](http://www.santiagoecintra.com.br)), o acesso é restrito aos clientes cadastrados na empresa, (Santiago e Cintra, 2006). A Tabela 4 mostra o Banco de Dados de coordenadas dos pontos da Rede de Estações Ativas – Santiago e Cintra e a Figura 23 mostra o Mapa Temático da Rede de Estações Ativas – Santiago e Cintra.

Tabela 4 – Banco de Coordenadas de pontos da Rede de Estações Ativas – Santiago e Cintra

ID	Estado	Cidade	G_Long	M_Long	S_long	G_lat	M_lat	S_lat	Long_deg	Lat_deg	N	E
1	Bahia	Barreiras	45	0	33,5271	12	9	55,7980	-45,00931308	-12,16549944	8655141,000	498986,806
2	Bahia	Feira de Santana	38	58	44,3825	12	14	19,8365	-38,97899514	-12,23884347	8647030,544	502284,547
3	Bahia	Juazeiro	40	30	30,89918	9	25	16,9675	-40,50858311	-9,42137986	8958200,102	334363,123
4	Bahia	Salvador (base 1)	38	26	5,5144	12	57	32,0947	-38,43486511	-12,95891519	8567334,955	561295,183
5	Bahia	Salvador (base 2)	38	26	5,5144	12	57	32,0947	-38,43486511	-12,95891519	8567334,955	561295,183
6	Bahia	Vitória da Conquista	40	49	15,7981	14	52	8,393	-40,82105503	-14,86899806	8355358,479	304074,755
7	Goias	Inhumas	49	29	52,4968	16	21	45,6299	-49,49791578	-16,36267497	8190348,077	660433,401
8	Goias	Rio Verde	50	54	43,50408	17	47	44,72616	-50,91208447	-17,79575727	8032401,869	509317,661
9	Goias	Uruaçu	49	7	54,0646	14	31	44,1713	-49,13168461	-14,52893647	8392945,454	701322,945
10	Maranhão	Balsas	46	2	22,5246	7	31	36,3976	-46,03959017	-7,52677711	9167877,909	385303,254
11	Maranhão	São Luís	44	17	18,43604	2	32	59,8131	-44,28845446	-2,54994808	9718129,429	579101,652
12	Mato Grosso do Sul	Campo Grande	54	35	14,85	20	34	30,4478	-54,58745833	-20,57512439	77213003,951	751492,520
13	Minas Gerais	Belo Horizonte	43	57	55,26968	19	53	41,01567	-43,96535269	-19,89472658	7799827,789	608306,231
14	Minas Gerais	Uberaba	47	57	32,308	19	44	26,93186	-47,95897444	-19,74081441	7814485,974	189864,091
15	Minas Gerais	Unai	46	54	2,29131	16	21	39,08452	-46,90063648	-16,36085681	8190192,984	296984,630
16	Pará	Belém	48	28	3,65552	1	27	7,28893	-48,46768209	-1,45202470	9839348,903	781786,976
17	Parana	Cascavel	53	27	16,1228	24	57	53,68979	-53,45447856	-24,96491383	7236686,618	252198,963
18	Parana	Guarapuava	51	29	45,31139	25	22	0,51342	-51,49591983	-25,36680928	7194332,768	450105,891
19	Parana	Maringá	51	55	27,60501	23	25	7,63647	-51,92433473	-23,41878791	7409808,105	405564,3508
20	Parana	Curitiba	49	20	26,33174	25	26	0,32194	-49,34064771	-25,43342276	7186010,913	666868,011
21	Pernambuco	Recife	34	54	30,23602	8	7	35,99319	-34,90839889	-8,12666478	9101200,846	289723,075
22	Rio de Janeiro	Campos dos Goytacazes	41	20	14,99004	21	45	41,94203	-41,33749723	-21,76165056	7591717,468	258270,622
23	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	43	10	6,9528	22	54	33,2499	-43,16859800	-22,90923608	7465350,115	687833,252
24	Rio Grande do Norte	Natal	35	12	34,12035	5	47	21,60809	-35,20947788	-5,78933558	9359604,390	255325,409
25	Rio Grande do Sul	Alegre	55	47	55,35466	29	47	20,77024	-55,79870963	-29,78910284	6703967,192	616110,636
26	Rio Grande do Sul	Porto Alegre	51	12	36,2879	30	7	26,118	-51,21007997	-30,12392167	6667452,831	479763,396
27	Rio Grande do Sul	Santa Maria	53	48	48,796	29	41	37,5611	-53,81355444	-29,69376697	6711822,654	227752,802
28	Santa Catarina	Campos Novos	51	13	31,6548	27	24	6,9764	-51,22545967	-27,40193789	6969017,569	477710,936
29	Santa Catarina	Criciúma	49	18	13,7289	28	42	44,3128	-49,30381358	-28,71230911	6822698,026	665677,545
30	São Paulo	Pirangi	48	43	29,2627	21	8	44,61402	-48,72479519	-21,14572612	7660023,297	736276,166
31	São Paulo	Quatá	50	38	56,81221	22	15	45,44256	-50,64911450	-22,26262293	7538053,454	536151,924
32	São Paulo	Rio Claro	47	32	53,2767	22	23	48,4584	-47,54813242	-22,39679400	7521073,318	237643,799
33	São Paulo	São Paulo	46	40	34,6829	23	37	4,4749	-46,67630081	-23,61790969	7387063,636	328984,735
34	Tocantins	Palmas	48	19	47,3748	10	10	17,2355	-48,32982633	-10,17145431	8874422,322	792585,371

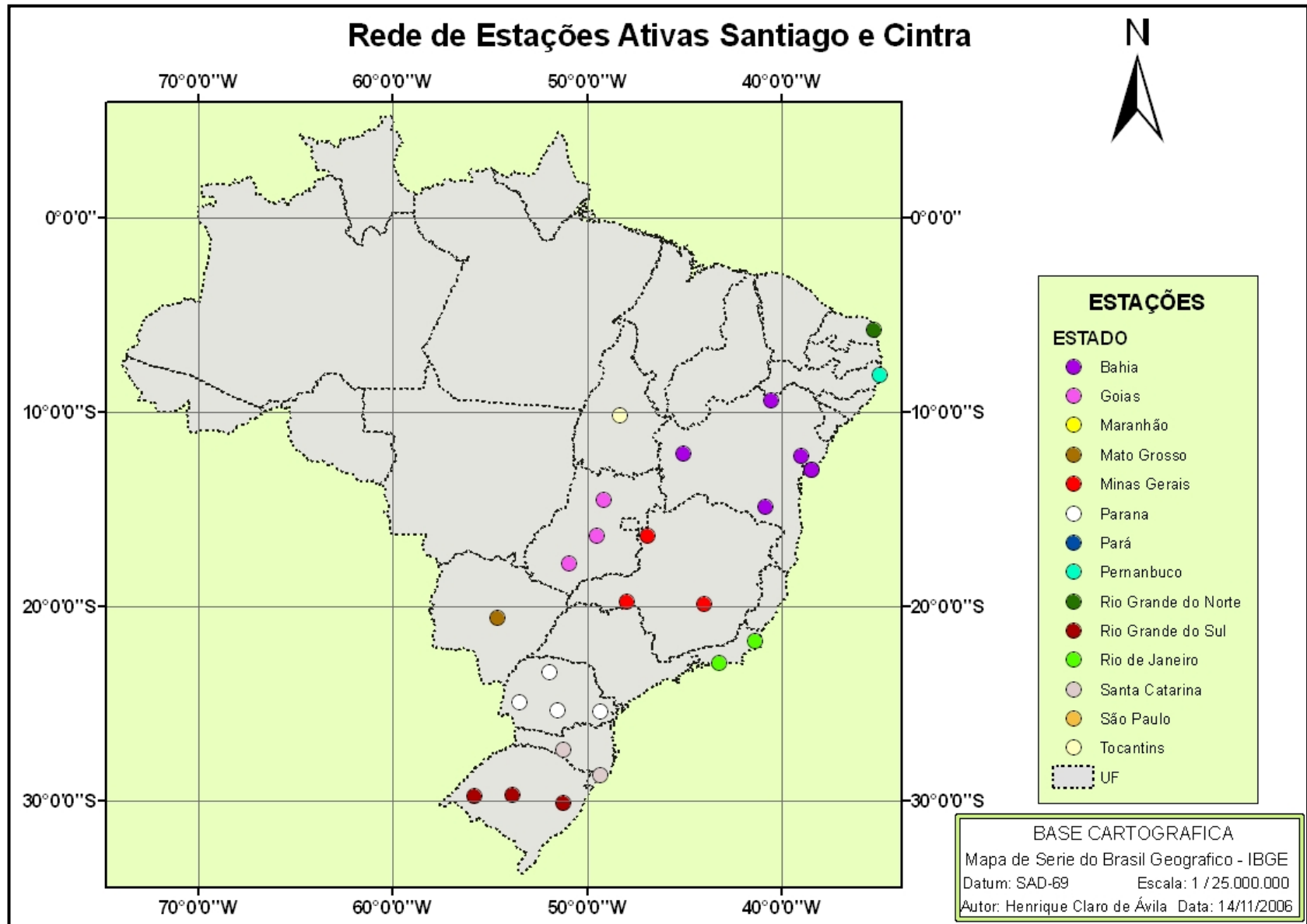


Figura 18 – Mapa Temático de Localização da Rede de Estações Ativas – Santiago e Cintra

### 3.4. Diagrama de Voronoi

O Diagrama de Voronoi é um recurso muito útil de que se dispõe para resolver problemas que envolvem o conceito de proximidade e uma série de problemas correlacionados, trata-se de uma estrutura geométrica que é capaz de responder uma grande variedade de perguntas a respeito de proximidade em um conjunto de pontos como: qual ponto está mais próximo, qual o mais distante, entre outras. A Figura 24 mostra o Diagrama de Voronoi da Rede IBGE, a Figura 25 mostra o Diagrama de Voronoi da Rede INCRA e a Figura 26 mostra o Diagrama de Voronoi da Rede Santiago e Cintra. As Figuras mostram mapas de proximidade de cada Estação de todas as Redes através de Diagramas de Voronoi. Qualquer ponto dentro de um polígono de Voronoi estará sempre mais próximo da Estação que gerou o polígono do que de qualquer outra Estação fixa no polígono. O Mapa de proximidade de Voronoi pode ser um bom instrumento para planejamento de trabalhos de levantamento GPS, pois ajuda a evitar deslocamentos desnecessários.

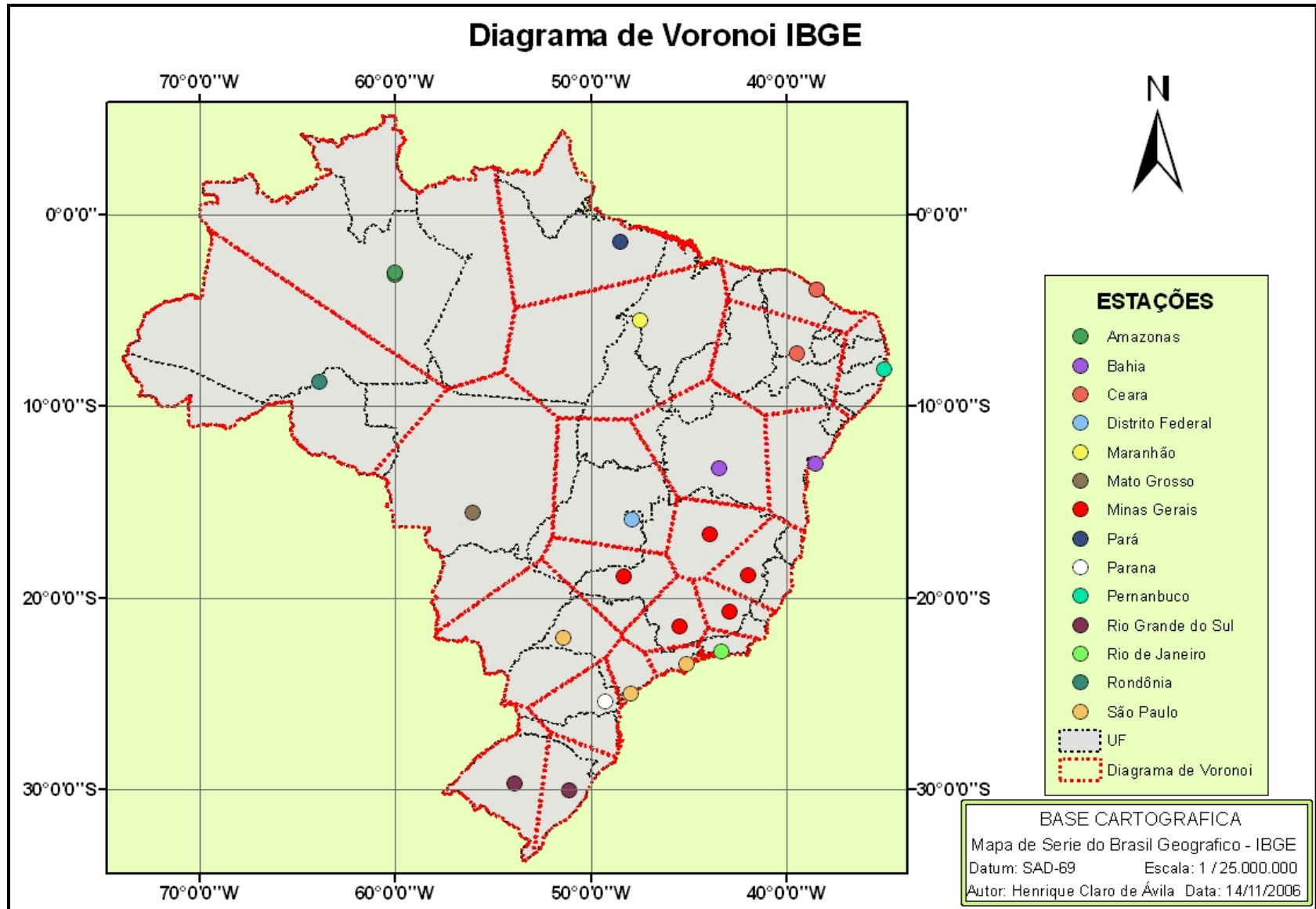


Figura 19 - Diagrama de Voronoi da Rede IBGE



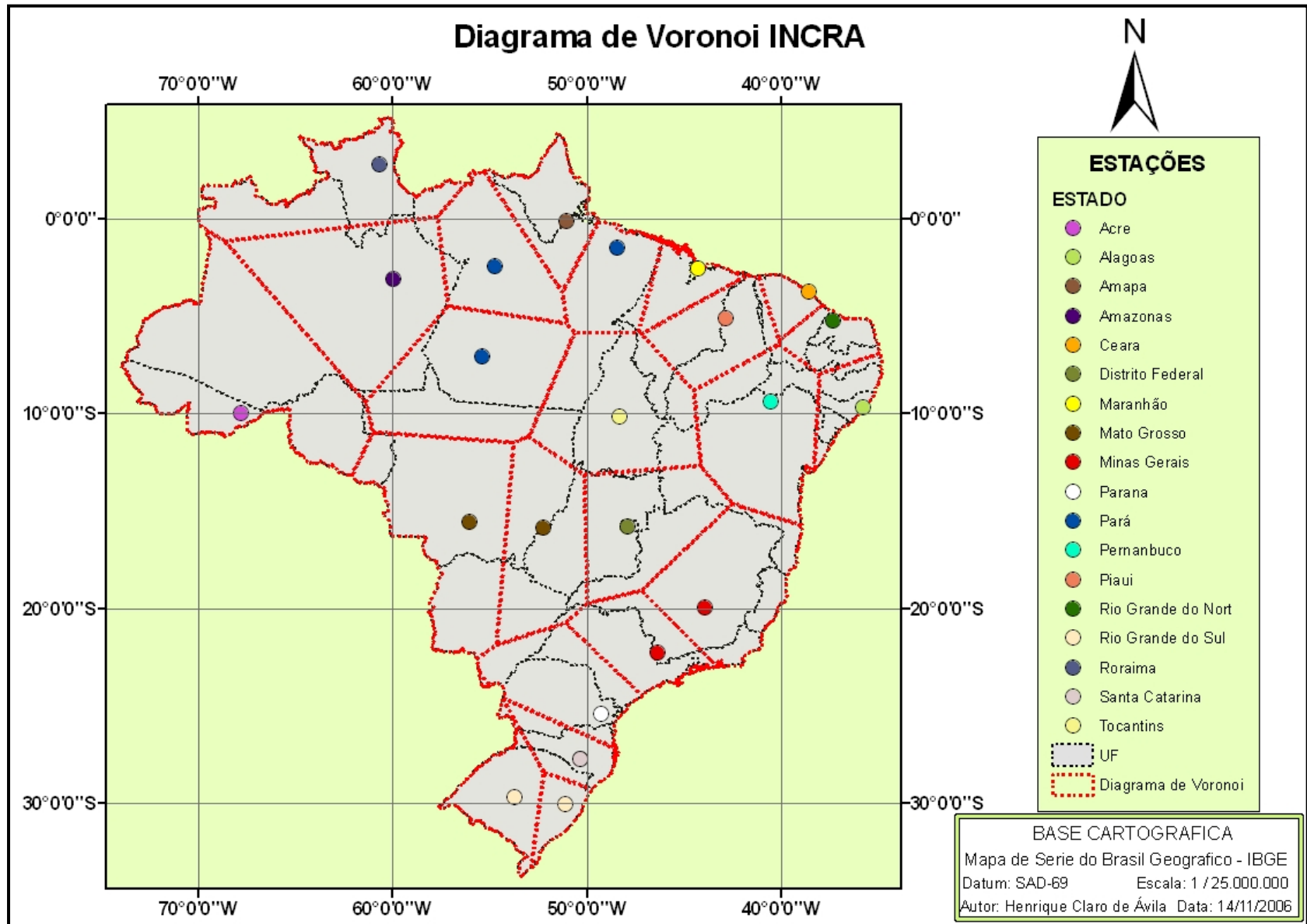


Figura 20 - Diagrama de Voronoi da Rede INCRA

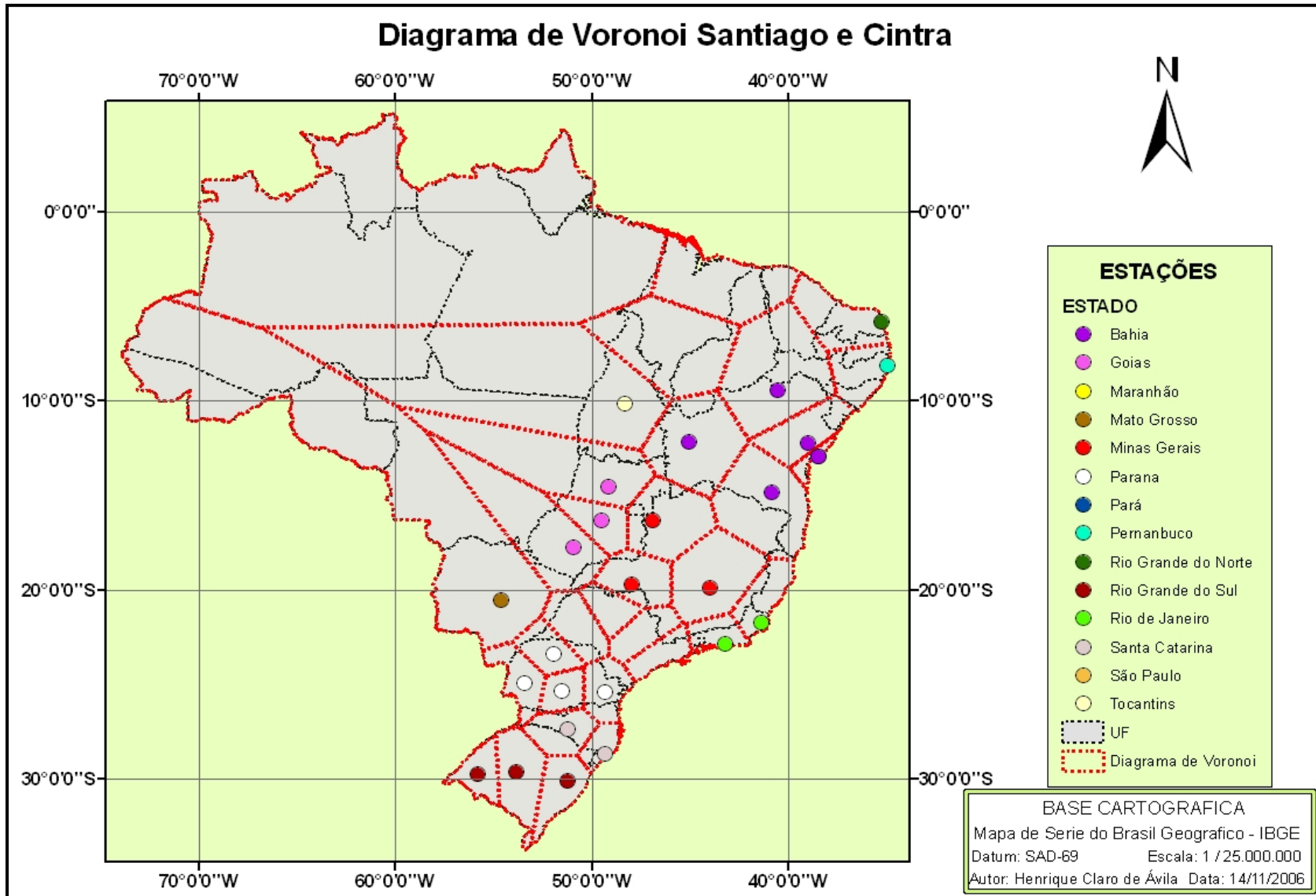


Figura 21 - Diagrama de Voronoi da Rede Santiago e Cintra

#### **4. Resultados e discussões**

O trabalho apresentou as várias redes de estações ativas existentes no Brasil, mostrando suas localizações, principais características, sistemas de coordenadas potencialidades de uso e descrições de seus órgãos gestores.

Também foi apresentado um diagrama de voronoi para cada Rede Ativa que mostra as estações mais próximas de um usuário que esteja situado em um lugar qualquer do território nacional. Este esquema de polígonos é de grande utilidade para planejamento de levantamentos GPS permitindo uma visão geral das proximidades de cada estação ativa. Assim, o usuário pode escolher aquela que está mais próxima de sua posição ou de uma posição que será ocupada.

#### **5. Conclusões e considerações finais**

As Rede de Estações Ativas GPS são serviços fundamentais para georeferenciamento de trabalhos cartográficos e de geoprocessamento, tendo em vista que permitem ao usuário amarrar seus trabalhos ao sistema geodésico nacional de forma simples, econômica e garantida. As Redes GPS atualmente disponíveis precisam de adensamento de suas estações para atender de forma eficiente e adequada aos diversos usuários, além disso precisam de melhor divulgação junto aos usuários, no sentido de serem melhor exploradas. A orientação ao usuário, na utilização de uma estação GPS, é fundamental para desenvolvimento de seu trabalho em menor tempo e com a acurácia desejada. O uso a nível mundial destes serviços vem crescendo muito e já está bastante consolidado nos países desenvolvidos. Desta forma, a sua implantação, ampliação e manutenção no Brasil com critérios técnicos e científicos adequados é fator de grande importância para as comunidades de geoprocessamento, navegação, geodésia e cartografia, além de outras que se beneficiam do serviço.

## 6. Referências Bibliográficas

BERALDO, Primo e SOARES, Sérgio Monteiro. *Introdução e Aplicações Práticas*. Brasília-DF, outubro de 1995 – Editora e Livraria Luana Ltda.

BERNARDI, J. V. E. e LANDIM, P.M.B. *Aplicações do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados*. DGA, IGCE, UNESP/ Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 10, 31 pp. 2002. Disponível em < <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 09/2006.

LONGSDON, T. *The Navstar Global Positioning System*. Van Nostrand Reinhold, Nova Iorque, Estados Unidos, 1992.

PAZ, S. M. *Uma ferramenta para desenvolvimento de equipamentos que utilizem um receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS)*. São Paulo, SP, 1997. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. < [www.ibge.org.br](http://www.ibge.org.br)> Acesso: 09/2006.

INCRA, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. < [www.incra.gov.br](http://www.incra.gov.br)> Acesso: 09/2006.

SANTIAGO e CINTRA, Importação e Exportação Ltda  
< [www.santiagoecintra.com.br](http://www.santiagoecintra.com.br)> Acesso: 09/2006