

## Densificação da Rede Estadual GPS de Santa Catarina Objetivando a Correção Geométrica Rigorosa de Imagens de Satélite SPOT 1A Pancromáticas

Luciana Suaid Tomazi Vasco <sup>1</sup>  
 Kátia Duarte Pereira <sup>2</sup>  
 Carlos Alberto Correa e Castro Júnior <sup>3</sup>  
 Danielle dos Santos de Oliveira <sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> IBGE – Divisão de Geociências SUL – DIGEO/SUL  
 88015-200 Florianópolis – SC

<sup>1</sup> ✉ lutomazi@ibge.gov.br, <sup>4</sup> ✉ danielleoliveira@ibge.gov.br

<sup>2</sup> IBGE – Departamento de Geodésia – DEGED  
 21241-051 Rio de Janeiro – RJ

✉ katiaduarte@ibge.gov.br

<sup>3</sup> IBGE – DIGEO/CO  
 74160-011 Goiânia – GO

✉ castrojr@ibge.gov.br

Conteúdo	
	<b>1 Introdução</b>
	<b>2 Desenvolvimento</b>
	<b>2.1 Planejamento</b>
	<b>2.2 Monumentalização</b>
	<b>2.3 Medição</b>
	<b>2.4 Cálculo</b>
	<b>3 Resultados e Conclusões</b>

**Resumo:** Para atender à geocodificação de imagens SPOT por modelagem física em Santa Catarina, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, densificou a Rede GPS Estadual existente, estabelecendo 23 novas estações. Estas novas estações tem um raio de abrangência de 40 km neste projeto. A fase de monumentalização e a primeira etapa da medição já foram concluídas. Este trabalho tem por objetivo descrever os procedimentos adotados neste projeto.

**Palavras chaves :** GPS, Apoio de Campo, Sensoriamento Remoto, Cartografia

**Abstract:** To attend the geometry transformation of SPOT image using physical modelling, IBGE has increased the State GPS Network in Santa Catarina with 23 new stations. These stations will cover a radius of 40 km each. All stations have now been installed and part of it had coordinates surveyed. This work shows the procedures used in this project.

**Keywords:** GPS, Surveying, Remote Sensing, Cartography

### 1 Introdução

A cartografia no IBGE tem como um de seus principais objetivos fornecer uma adequada representação do território nacional como suporte básico ao desenvolvimento das atividades de planejamento do governo federal, bem como em apoio às grandes obras de engenharia e aos demais estudos sociais, econômicos, de meio ambiente, entre outros. A maior parte do mapeamento topográfico feito pelo IBGE data de algumas décadas necessitando ser atualizado.

O IBGE, através do Departamento de Cartografia, em 1998 criou o **Projeto Mapeamento por Sensoriamento Remoto**, que dentre outras atividades visa a atualização do mapeamento sistemático por meio do uso de imagens de satélite. A metodologia usada está em fase de consolidação. Em 2001 este projeto começou a descentralizar o processo produtivo para as Divisões de Geociências dos estados de Santa Catarina e Bahia.

A Divisão de Geociências do Sul - DIGEO/SUL, ficou responsável pela produção de 24 cartas imagem do Estado de Santa Catarina compostas por nove cenas SPOT 60 x 60 km, sensor pancromático, resolução espacial de 10 m, nível de correção 1A. A produção de cartas imagem passa por um processo de geocodificação; fazendo-se necessário estabelecer pontos de controle no terreno, distribuídos homogêaneamente por toda a imagem. Estes pontos de controle devem ser obtidos com receptor GPS sub-métrico no método diferencial. Embora o estado de Santa Catarina possua uma Rede GPS, constatou-se que sua distribuição não oferecia as condições ideais de aplicabilidade para o Projeto, sendo necessário proceder-se a sua densificação, através do estabelecimento de novas estações.

Houve então um estudo para definir as localidades que abrigariam as novas estações, e o estabelecimento das mesmas num total de 23 para a cobertura de todo o Estado. Estas estações, juntamente com as da Rede Estadual GPS, constituirão o conjunto de base necessárias às determinações GPS dos pontos de controle no terreno. Uma vez monumentalizadas, passou-se a determinação das coordenadas destas estações. Esta fase foi dividida em duas etapas: a primeira com a medição de 11 estações, que já foi concluída e com cálculo em andamento e a segunda deverá ser realizada até o final do ano de 2002.

### 2 Desenvolvimento

As imagens SPOT disponíveis para o Estado de Santa Catarina, abrangem 24 folhas topográficas na escala de 1:50.000, enquadradas entre os paralelos 27° e 28°S e os meridianos 48°30' e 50°W (Figura 1).

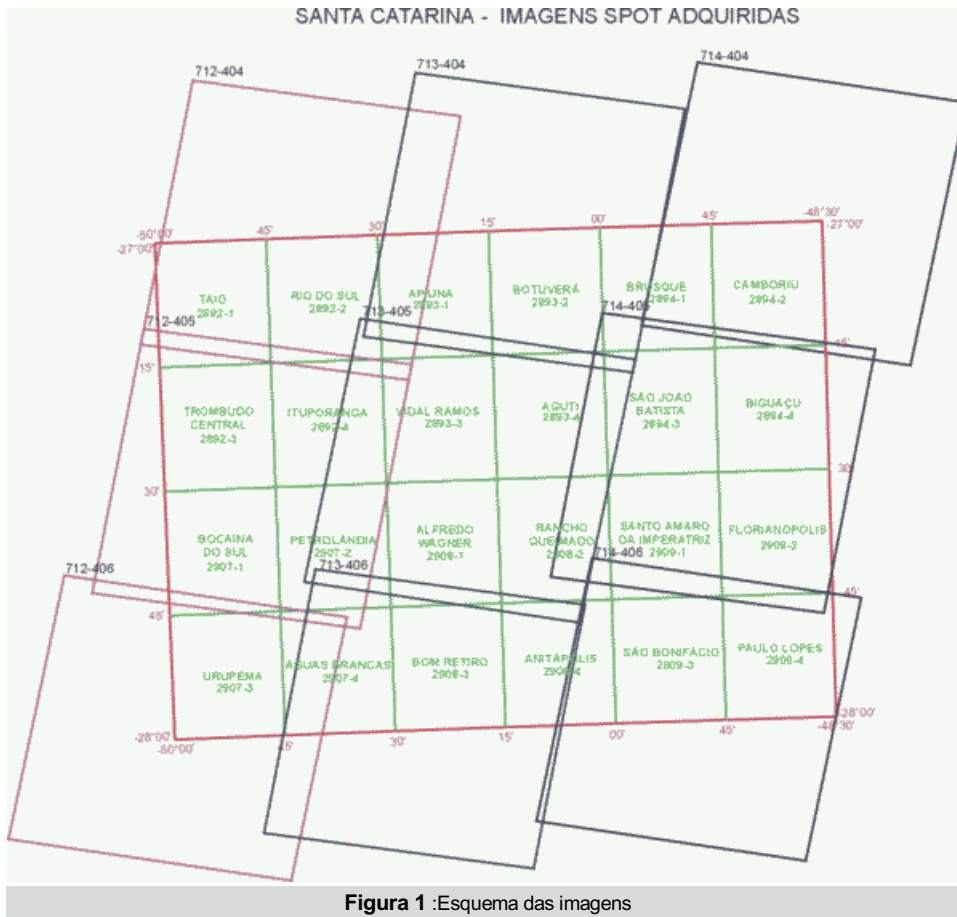
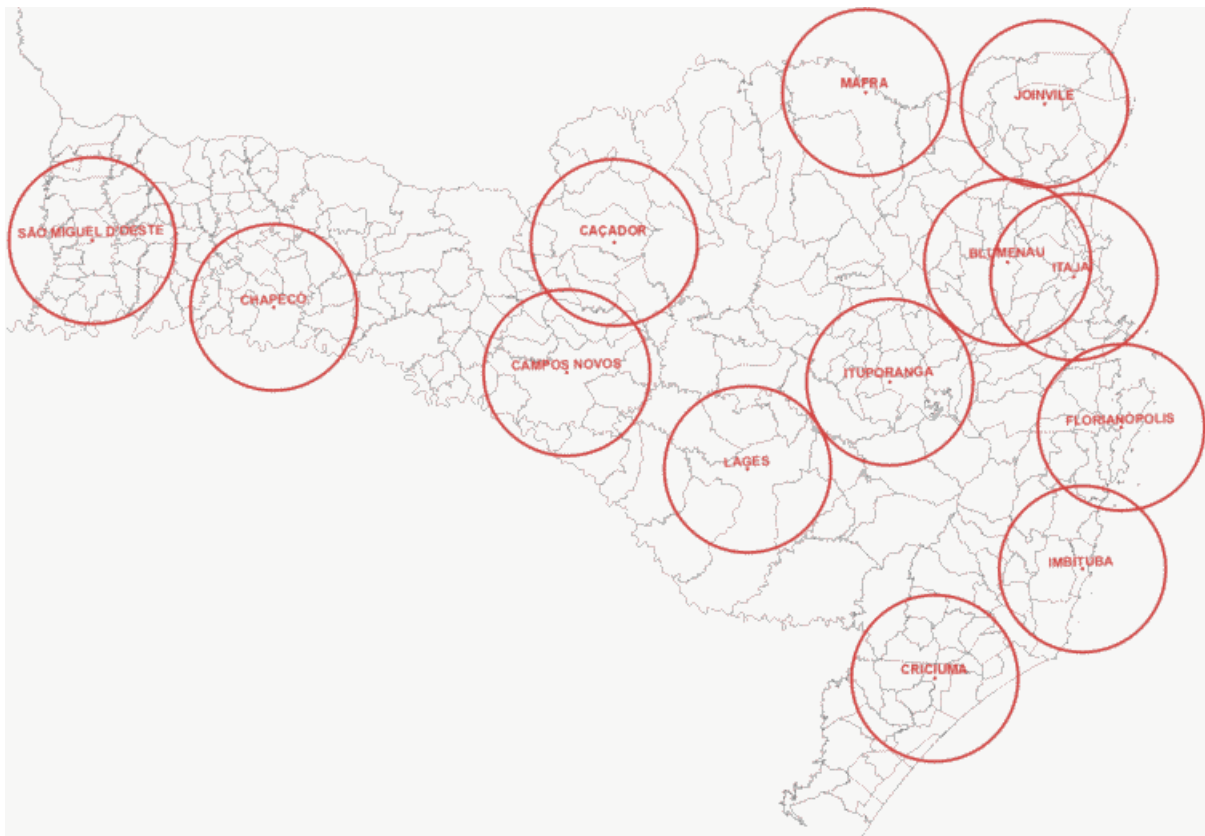


Figura 1 :Esquema das imagens

Na metodologia em desenvolvimento, 20 pontos de controle são necessários para cada imagem, sendo um mínimo de 6 (seis) para a geocodificação e os outros utilizados para o controle de qualidade. A resolução espacial da imagem SPOT sensor pancromático é de 10 m sendo padronizado como pontos de controle os centros dos cruzamentos de estrada, pontes e outros detalhes passíveis de serem identificados na imagem.

A precisão dos pontos de controle deve ser compatível com a escala da carta imagem a ser construída. Devido às influências do relevo e a precisão do equipamento GPS disponível (frequência L1), a determinação das coordenadas será efetuada pelo método diferencial (DGPS pós processado), por uma simples sessão de 20 min com a taxa de rastreamento de 1s e com a base distando do receptor remoto em no máximo 40 km.

Para a determinação das coordenadas dos pontos de controle analisou-se a distribuição da rede GPS existente no Estado (Figura 2). Decidiu-se que os marcos desta rede serão usados como estações base, entretanto, observou-se a necessidade de monumentalização de novas estações para que se satisfaçam as condições exigidas pelo projeto. A atual rede Estadual de Santa Catarina não atende ao requisito estabelecido de 40km para o posicionamento GPS diferencial. Então, optou-se por densificá-la, sendo que as novas estações farão parte da rede básica do Sistema Geodésico Brasileiro.



**Figura 2** :- Rede GPS Estadual existente

A densificação foi dividida em quatro fases distintas e descritas a seguir: Planejamento, Monumentalização, Medição e Cálculo.

### 2.1 Planejamento

Nesta etapa foram planejadas novas estações para a área de cobertura das nove cenas já adquiridas. Posteriormente, com a possibilidade de cobrir todo o Estado com imagens de satélite através de um convênio entre a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Integração ao Mercosul – SDE e o IBGE, planejou-se estações para atender o restante do território estadual. Foram escolhidos locais para 24 novas estações, que seriam instaladas, preferencialmente, em sedes de municípios ou distritos. Esta distribuição em conjunto com a rede estadual pretendeu cobrir todo o Estado com círculos de 40 km de raio, cujos centros fossem os marcos da rede GPS estadual e as novas estações, ou seja, a extensão da linha de base entre a estação principal e o ponto de controle a ser medido não ultrapassaria 40 km em qualquer lugar do Estado.

O planejamento foi realizado em meio digital com o auxílio do programa Microstation95, inserindo-se as coordenadas dos marcos da rede estadual num mapa digital de Santa Catarina. Posteriormente em cada estação da rede foi construído um círculo com 40 km de raio, ficando as áreas descobertas passíveis de receberem uma nova base. A distribuição ideal dos círculos não pode ser atendida, pois vários centros caíram em locais sem qualquer condição de monumentalização de base devido à pouco desenvolvimento, falta de povoamento e construções adequadas. Estes pontos foram transferidos para uma localidade o mais próxima possível, de acordo com o mapeamento topográfico nas escalas 1:50.000 e 1:100.000 (Figura 3).



**Figura 3** – Densificação planejada

As estações base seriam materializadas em locais com boas condições de rastreo GPS, preferencialmente, no alto de reservatórios de água das cidades e lajes de prédios, sempre que possível públicos onde não estejam previstas alterações estruturais nos próximos anos. Isto visa a segurança do ponto, dificultando a depredação, e uma maior visibilidade do céu, evitando obstáculos ao rastreo.

Uma vez que a determinação da altitude das bases por nivelamento geométrico ficaria dificultada devido ao acesso, haverá a conexão à Referências de Nível (RRNN) por GPS, utilizando o mesmo método dos pontos de controle.

Através de uma análise da rede altimétrica existente levantou-se as RRNN próximas (até 50 km) às estações base.

## 2.2 Monumentalização



**Figura 4** : Base de granito

Em março de 2002 foi realizada uma campanha para reconhecimento dos locais e monumentalização das novas estações base. A DIGEO/SUL obteve apoio da DIGEO/CO (Divisão de Geociências do Centro-Oeste) no repasse de conhecimento e técnicas para escolha dos locais próprios para as estações base. Durante 12 dias as equipes percorreram todos os 24 locais determinados no planejamento procedendo a monumentalização das bases.

Os principais critérios a serem observados na escolha do local para monumentalização das estações são:

- Horizonte livre, proporcionando boas condições de visibilidade;
- Garantia da integridade da estação por longo período de tempo, em função dos custos envolvidos no planejamento, monumentalização, e determinação das coordenadas, e principalmente para garantir sua utilização no futuro;

- Facilidade de acesso para os usuários em geral, considerando a permissão para rastreo em quaisquer dias e horários.

Para minimizar custos e tempo de monumentalização decidiu-se materializar as estações base com um dispositivo de centragem forçada, fixado em bloco de granito de formato quadrangular de 20 cm de lado e 6 cm de altura, contendo lateralmente, em uma das faces chapa de identificação do IBGE com o código internacional da estação (Figura 4). Estas plataformas foram coladas nas lajes escolhidas. No momento da colagem o pino de centragem forçada deveria ser nivelado de forma a não comprometer a verticalidade da antena GPS.

Caso não fosse possível encontrar no local lajes adequadas, seriam construídos marcos de concreto. Estes marcos são

cilíndricos de pvc ou concreto de aproximadamente 1,10 m de altura e 0,30 m de diâmetro, preenchidos com concreto, tendo fixado no topo o pino de centragem forçada, (Figura 5). Eles foram construídos em Dona Emma e Hercíliopolis.

Parte das estações foram monumentalizadas em lajes dos reservatórios da CASAN (Figura 6), empresa responsável pela distribuição de água no Estado, também foram usadas lajes de prédios da Polícia Militar, Corpo de Bombeiros, Prefeituras e outros.

Durante a monumentalização das estações, duas bases, Major Vieira e Rio das Antas, foram transferidas para Monte Castelo e Santa Terezinha, respectivamente, atendendo assim às necessidades de instalação sobre lajes, evitando-se com isto a construção de novos marcos. Em São Jorge, Distrito de Lages, a estação foi descartada, pois avaliou-se que a região ainda não demandava tal investimento. Neste local optou-se por instalar uma base provisória quando da medição dos pontos de controle.



**Figura 5** : Marco construído



**Figura 6** : Estação base em reservatório da CASAN – Santa Cecília

**Tabela 1** : Coordenadas aproximadas das estações base implantadas - DATUM WGS-84

Base	Código Internacional	Coordenadas geográficas	Coordenadas UTM		
			Longitude	E (m)	N (m)
		Latitude			
Barra Clara (Angelina)	SAT 94000	27° 31' 40.385"	49° 07' 25.699"	685.289	6.953.692
Barra Velha	SAT 94001	26° 38' 10.498"	48° 41' 21.158"	730.036	7.051.772
Campo Belo do Sul	SAT 94002	27° 53' 56.615"	50° 45' 34.770"	523.653	6.913.956
Corupá	SAT 94003	26° 25' 46.876"	49° 14' 17.493"	675.688	7.075.527
Curitibanos	SAT 94004	27° 18' 23.267"	50° 34' 10.198"	542.596	6.979.547
Dona Emma	SAT 94005	26° 58' 56.149"	49° 43' 24.898"	626.666	7.014.889
Hercíliopolis (Água Doce)	SAT 94006	26° 49' 15.366"	51° 31' 10.159"	448.377	7.033.292
Irati	SAT 94007	26° 39' 19.432"	52° 53' 47.128"	311.255	7.050.330

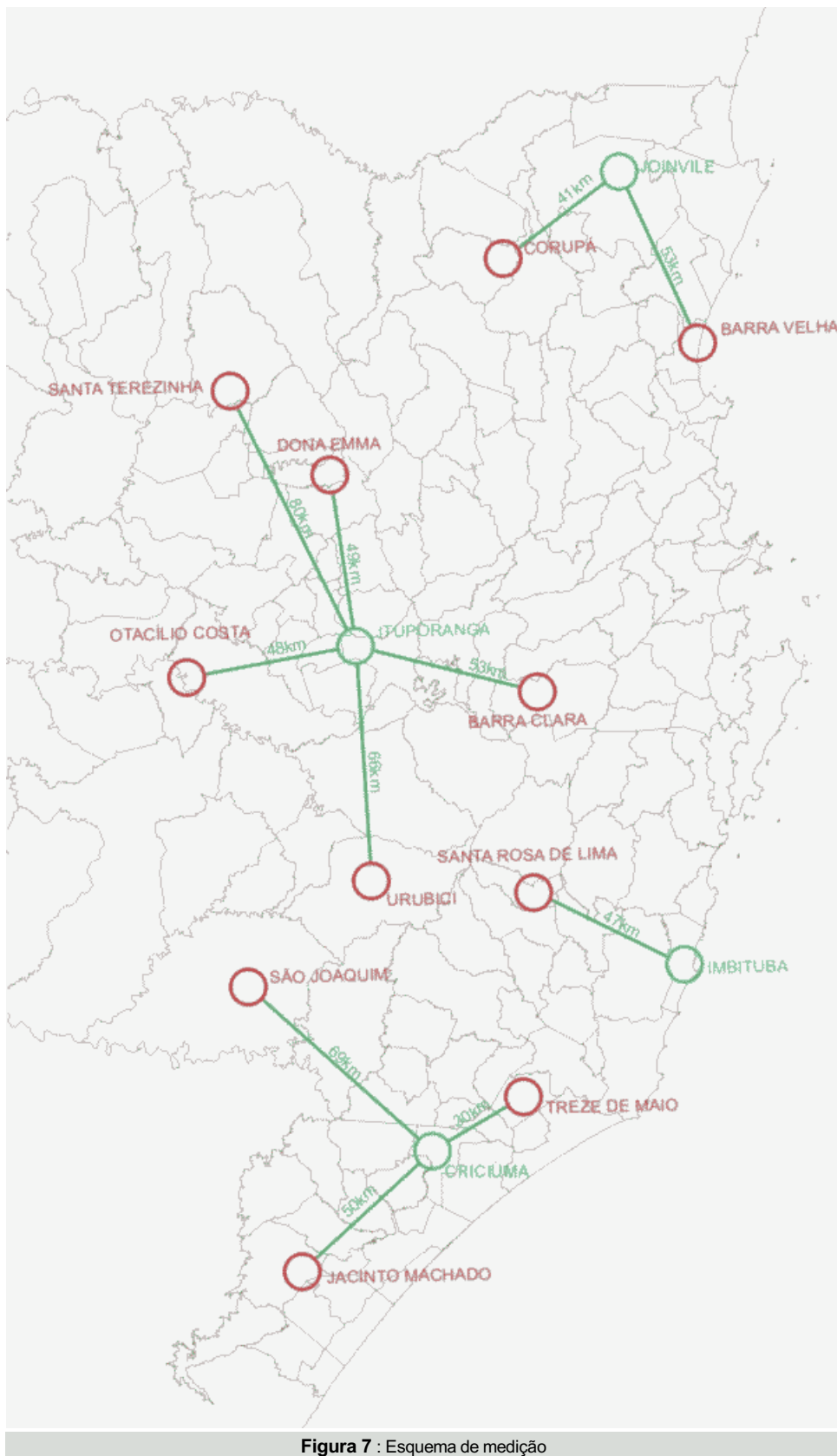
Jacinto Machado	SAT 94008	29° 00' 41.292"	49° 46' 48.182"	618.815	6.790.130
Jaborá	SAT 94009	27° 10' 41.719"	51° 44' 02.582"	427.285	6.993.608
Monte Castelo	SAT 94010	26° 27' 36.395"	50° 13' 57.371"	576.499	7.073.132
Otacílio Costa	SAT 94011	27° 30' 08.731"	50° 07' 36.307"	586.253	6.957.611
Ponte Serrada	SAT 94012	26° 52' 22.945"	52° 01' 11.633"	398.694	7.027.219
Santa Terezinha	SAT 94013	26° 46' 20.087"	50° 00' 40.238"	598.306	7.038.408
Santa Cecília	SAT 94014	26° 58' 02.585"	50° 25' 19.325"	557.360	7.017.046
S <sup>ta</sup> Cruz do Timbó (P.U.)	SAT 94015	26° 23' 18.944"	50° 52' 51.339"	511.877	7.081.275
Santa Rosa de Lima	SAT 94016	28° 02' 14.324"	49° 07' 31.269"	684.275	6.897.247
São Joaquim	SAT 94017	28° 17' 18.704"	49° 56' 36.442"	603.607	6.870.382
São José do Cedro	SAT 94019	26° 27' 17.258"	53° 30' 47.144"	249.423	7.071.500
Mondaí	SAT 94020	27° 06' 20.603"	53° 24' 11.037"	261.761	6.999.578
Treze de Maio	SAT 94021	28° 33' 32.893"	49° 08' 52.506"	681.170	6.839.456
Urubici	SAT 94022	28° 00' 55.849"	49° 35' 53.135"	637.827	6.900.287
Xavantina	SAT 94023	27° 04' 05.323"	52° 20' 38.249"	366.732	7.005.306

### 2.3 Medição

A determinação das coordenadas das estações base foi dividida em duas etapas: a primeira, concluída em maio deste ano, com 11 estações; e a segunda deverá ser realizada até o final do ano.

As novas estações base foram ocupadas com receptores geodésicos de dupla frequência pelo método diferencial, de maneira a manter a homogeneidade e precisão da rede básica. Já a determinação dos pontos de controle deve ser feita com receptores de uma frequência, empregando também, o método diferencial.

Na primeira semana de maio realizou-se a medição das 11 primeiras estações base. Nove equipes ocuparam 15 estações em dois dias. Quatro figuras de medição foram montadas (Figura 7).



**Figura 7** : Esquema de medição

Em cada estação foram realizadas 3 sessões de 2 horas em um mesmo dia, com intervalos de 30 minutos, foram usadas como base as estações da rede estadual (Criciúma, imbituba, Joinville e Ituporanga). A taxa de observação foi de 15 segundos e o ângulo de obstrução de 10°.

Todos os arquivos de observação gerados foram repassados para o Departamento de Geodésia do IBGE – DEGED, no formato proprietário do receptor e em RINEX2 para proceder o cálculo.

Para a conexão altimétrica serão rastreadas, com receptores de uma frequência, também pelo método diferencial, no mínimo 3 Referências de Nível (RRNN), as mais próximas possíveis da estação base, garantindo uma informação altimétrica que será comparada com a obtida pelo Mapa Geoidal vigente.

## 2.4 Cálculo

O cálculo da primeira etapa encontra-se em andamento no Departamento de Geodésia (DEGED). Será utilizado o programa Bernese.

### 3 Resultados e Conclusões

Os procedimentos aqui descritos fazem parte do Projeto Mapeamento por Sensoriamento Remoto do DECAR. As estações base implantadas atendem à dois propósitos: a determinação das coordenadas de pontos de controle para as imagens SPOT e a densificação da Rede GPS Estadual. Havendo, então, um melhor aproveitamento dos esforços institucionais e recursos investidos.

Das 24 estações base planejadas, 23 foram instaladas, havendo a necessidade da construção de dois marcos apenas. A alternativa de monumentalização aqui apresentada viabilizou o desenvolvimento do trabalho, num momento de escassez de recursos, visto que a construção de marcos demanda mais verbas e mais tempo.

As estações base medidas, até o momento, atendem ao litoral do Estado e à área coberta pelas imagens SPOT adquiridas.

As bases implantadas podem servir à diferentes níveis de usuários, sejam eles entidades públicas ou privadas. Assim, a rede GPS Estadual que contava com 13 estações, será composta por 36, das quais, 24 já medidas, garantindo a cobertura em todo Estado de estações base que poderão ser utilizadas para diversos fins pelo IBGE e pela sociedade em geral.

O sucesso do trabalho, ainda em andamento, deve-se ao empenho dos servidores envolvidos e pela colaboração das prefeituras, polícia militar, corpo de bombeiro e escritórios da CASAN nos municípios visitados.