



IBGE / DI / DERIN

O GPS NA REDE GEODÉSICA FUNDAMENTAL

CARLOS ALBERTO CORRÊA E CASTRO JUNIOR

ENG. CARTÓGRAFO

**XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA
GRAMADO – 1989**

RESUMO

No presente trabalho, procuramos apresentar à comunidade Cartográfica, de forma sucinta, nossas sugestões em relação à aplicação do Sistema NAVSTAR/GPS no desenvolvimento da Rede Geodésica Fundamental.

ABSTRACT

The principal aim of this paper is, in a single way shows to a cartographers community our suggestions for GPS/NAVSTAR System application in Basic Geodetic Network development.

1 – INTRODUÇÃO

Por muito tempo, os geodestas utilizaram instrumentos ótico-mecânicos para posicionarem-se na superfície da terra. De uma hora para outra, a humanidade experimentou um avanço tecnológico extraordinário, sobretudo no campo da micro-eletrônica e, sem dúvida alguma, o passo mais marcante para a moderna geodésia, foi o advento do rastreamento de Satélites Artificiais para posicionamento tridimensional de pontos, inicialmente com o sistema TRANSIT e agora com NAVSTAR/GPS (Global Positioning System).

Este trabalho, na verdade, é uma proposta encaminhada ao Sr. Diretor de Geociências do IBGE, objetivando a adaptação de metodologias e conceitos, com vistas à substituição gradual dos processos clássicos de medição, por rastreamento de satélites artificiais, através do Sistema GPS, na implantação de nossa Rede Geodésica Planimétrica de alta precisão.

2 – OS PRIMEIROS TESTES

Desde 1973, o IBGE vem utilizando a técnica de posicionamento geodésico com satélites do Sistema TRANSIT, mas, somente a partir de 1986, com o recebimento do programa “GEODOP V”, é que os resultados de vários testes, através do processo de multiestação, começaram a satisfazer (Fortes, 1987).

Recentemente, nós da Divisão de Geodésia do Departamento Regional de Geociências de Brasília, DF, tivemos a oportunidade de executar dois testes importantíssimos, ainda no Sistema

TRANSIT, cujos resultados foram analisados sob dois parâmetros, um técnico, pelo Departamento de Geodésia da Diretoria de Geociências e outro operacional, pela nossa Divisão em Brasília.

O primeiro teste desenvolveu-se sobre uma cadeia de triangulação de alta precisão, na região de Rio Verde, GO. E o segundo, deu-se na Amazônia Meridional, tendo esse último, segundo (Fortes, 1987) como objetivo paralelo, o estabelecimento de uma rede fundamental na Amazônia, que servisse de arcabouço geodésico para trabalhos futuros. Esses dois testes, de características completamente distintas, forneceram dados que, em última análise, propiciaram a confirmação dos resultados obtidos em testes anteriores (Fortes, 1989). Ante o aspecto operacional, concluímos que havia necessidade de pequenos ajustes, no sentido de permitir uma maior mobilidade, requerida pela sistemática de multiposicionamento.

Finalmente, em 1988, foram realizados os primeiros testes envolvendo georeceptores GPS. Foram testes isolados, promovidos pelos representantes das empresas WILD e TRIMBLE. A partir desses testes, começamos a antever os possíveis benefícios do Sistema. Quanto aos resultados, (Fortes & Blitzkow, 1989) constataram ser compatíveis com o esperado. No tocante à operacionalidade, acreditamos que vantagens substanciais ocorrerão, quando o Sistema estiver amadurecido.

3 – A ESSÊNCIA DA PROPOSTA

3.1 – O DESENVOLVIMENTO DA MALHA PLANIMÉTRICA

O estabelecimento do apoio básico ou fundamental num país de dimensões continentais como o nosso é, por si só, uma tarefa árdua e complexa, sendo fácil imaginar os altos custos decorrentes. É interessante ressaltar que, um trabalho dessa natureza, é tipicamente de infra-estrutura e praticamente desconhecido pela maior parte de nossa população. Conseqüentemente, o investimento empreendido nesse setor, não apresenta um retorno imediato, o qual, só é viável a médio prazo, através da elaboração de mapas e cartas com suas infinitas aplicações práticas ligadas ao planejamento, pesquisas de solo, execução de obras de engenharia, além de outras. Por isso, temos que fazer o possível para otimizar nossas atividades, procurando, a custos mais baixos, melhorar sempre qualitativa e quantitativamente.

Gostaríamos de destacar inicialmente, um fator importantíssimo a se considerar, o qual diz respeito ao posicionamento das estações. Como lá se sabe, existe uma grande quantidade de marcos

geodésicos destruídos total ou parcialmente. Tal quadro lamentável, ocorre, basicamente, por dois motivos: desconhecimento da população e posicionamento indevido.

O primeiro fator, é causado por uma falta de divulgação a nível nacional e local, do que vem a ser nosso trabalho e para que serve um marco geodésico. De acordo com nossa proposta, teríamos que dar mais ênfase à questão, propiciando meios e alocando pessoal especializado para tal finalidade.

Já o segundo fator, é sem sombra de dúvidas, de capital importância para o sucesso de nosso trabalho, pois facilitará, sobremaneira, a divulgação recém mencionada. Objetivamente, devemos escolher melhor o local de nossas estações: sabemos das imposições limitadoras ligadas à metodologia clássica, tais como rigidez e intervisibilidade, que restringem a poucos metros o posicionamento de marcos. Mas , a partir do momento que utilizássemos georeceptores, tais condicionamentos deixariam de fazer sentido. Assim sendo, poderíamos dar mais atenção à escolha dos locais dos novos marcos, dando ênfase a praças públicas, monumentos, pátios de prédios importantes, escolas, sedes de fazendas e tantos outros congêneres. O único aspecto que teríamos de observar, seria a eventual elevação da antena do georeceptor, o que é bastante simples e costumeiramente utilizado no sistema TRANSIT, em áreas onde existem edificações ou qualquer outro obstáculos próximo à antena.

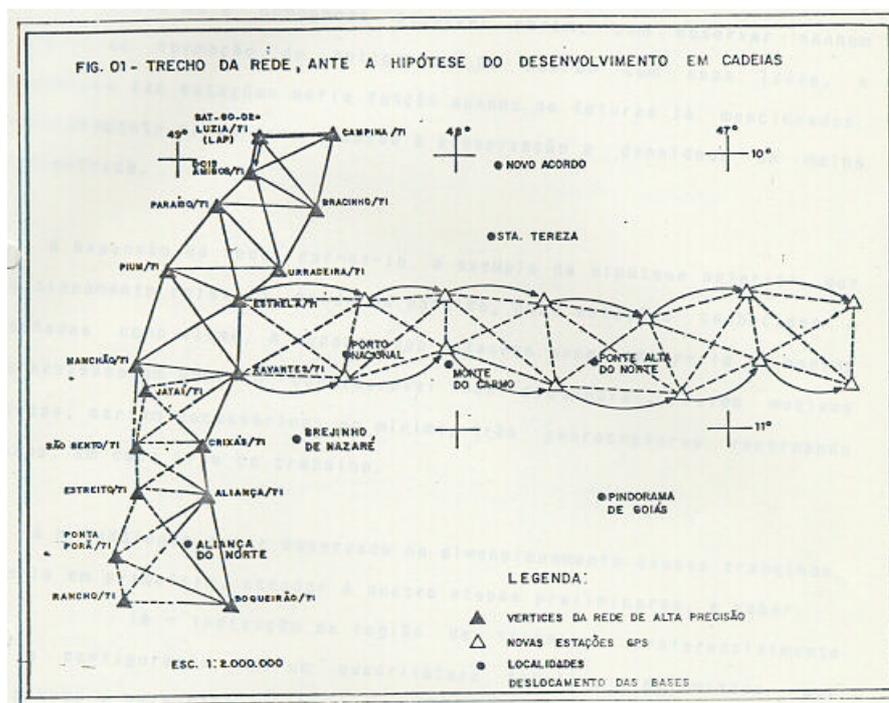
A essência de nossa proposta é bastante elementar, na verdade, ante uma macro-visão, não difere muito das metas e procedimentos utilizados até então pelo IBGE, na implantação de nossa malha geodésica.

Apresentaremos pois, duas hipóteses de metodologias que, sob uma primeira análise, seriam plenamente compatíveis para a continuidade de nossos trabalhos no campo da Geodésia.

1ª Hipótese:

De acordo com essa hipótese, a implantação dos marcos planimétricos, dar-se-ia ao longo de cadeias, dispostas nos sentidos norte-sul ou leste-oeste. Considera-se, no entanto, que o espaçamento entre as cadeias seria observado de tal forma a atender a meta de densidade da malha planimétrica da Diretoria de Geociências do IBGE, a qual visa suprir o território nacional de elementos planimétricos, de modo que nenhum ponto da superfície fique distante de qualquer desses elementos mais de cinquenta quilômetros.

As novas cadeias, seriam formadas por polígonos irregulares e sempre teriam origem em, no mínimo, dois vértices da rede já ajustados, que seriam considerados como pontos fixos ou bases para o multiposicionamento. A progressão dessas novas cadeias dar-se-ia sempre através do processo de multiposicionamento ou posicionamento relativo como também é chamado, de forma semelhante ao método do “salto de rã”, utilizado regularmente em nivelamento barométrico. Explicando melhor, no mínimo dois marcos recém medidos passariam a ser considerados como ” pontos bases” para a determinação dos marcos subseqüentes e assim consecutivamente. Para que nesse encadeamento houvesse um bom rendimento, sugerimos a utilização de não menos que quatro georeceptores, rastreando simultaneamente em cada cadeia. A figura 1 elucida a questão.



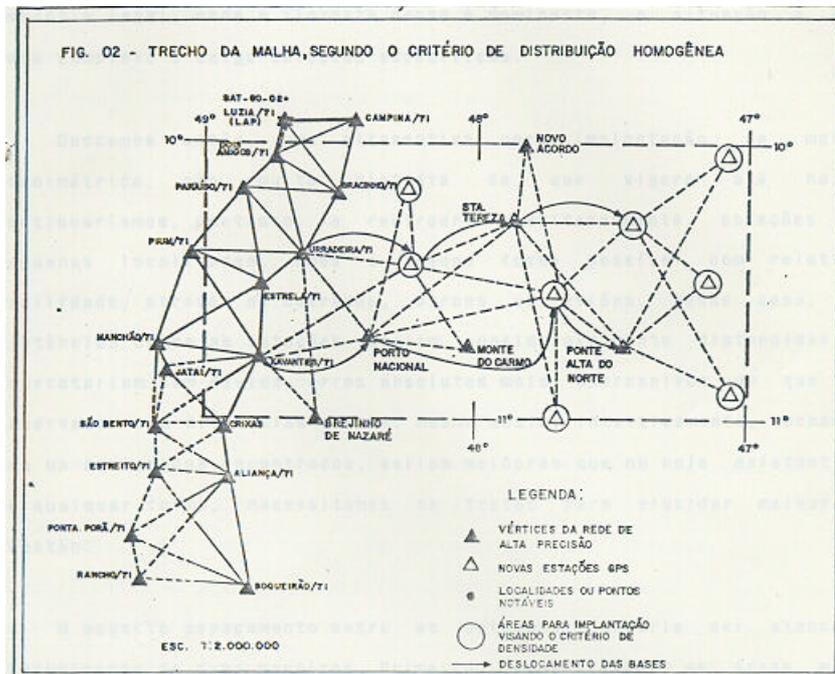
2ª Hipótese:

Através dessa hipótese, implantaríamos as novas estações, buscando a distribuição mais homogênea possível porém, sem observar nenhum critério de formação de polígonos. De acordo com essa idéia, a disposição das estações seria função apenas de fatores já mencionados: posicionamento criterioso visando a preservação e densidade da malha planimétrica.

A expansão da rede, dar-se-ia, a exemplo da hipótese anterior, por posicionamento relativo, tendo na partida, duas estações conhecidas e ajustadas como fixas. A mudança das estações bases ocorreria a medida que houvesse um aumento considerável nas distâncias. Pelos motivos citados, seriam necessários, no mínimo, três georeceptores rastreando juntos, em cada área de trabalho.

A metodologia a ser observada no dimensionamento desses trabalhos, deveria em princípio, atender à quatro etapas preliminares, a saber:

- 1^a – Indicação de região de trabalho, preferencialmente com a configuração de um quadrilátero regular, delimitado por meridianos e paralelos;
- 2^a – Reconhecimento de todos os elementos geodésicos existentes na região, escolhendo posteriormente dois vértices para bases e outros planimétricos ou altimétricos para eventuais conexões;
- 3^a – Seleção criteriosa dos locais para implantação dos marcos, tendo em vista a ocupação dos “pontos notáveis”, objetivando uma melhor preservação;
- 4^a – Escolha de área para implantação das demais estações, a fim de atender ao critério de densidade, tal escolha seria confirmada “in loco”. Após esta etapa, a região estaria devidamente suprida de elementos planimétricos de alta precisão, não necessitando, a priori, de posterior densificação. Ver figura 2.



Quanto às distâncias entre as novas estações, achamos que, para ambas hipóteses, a máxima não deveria exceder a 50km e a mínima, seria dada em função de condicionantes físicas, intrínsecas às regiões de trabalho.

3.2 - A SITUAÇÃO NA AMAZÔNIA

Até aqui, discorreremos sobre a implantação da rede, em áreas relativamente densas, onde fatores físicos não limitam a proximidade de cidades, localidades ou até mesmo de propriedades rurais. Em regiões da Amazônia legal, onde a floresta densa é dominante, a situação é bem mais complexa e exige soluções específicas.

Buscamos então, uma alternativa para implantação da malha planimétrica, não muito distinta da que vigora até hoje. Continuaríamos, portanto, a rastrear, simultaneamente, estações em pequenas localidades, onde o acesso fosse possível com relativa facilidade, através de estradas, barcos ou aviões. Nesse caso, as distâncias entre as estações seriam consideravelmente distendidas e acarretariam sem dúvida, erros absolutos mais expressivos do que os observados com distâncias curtas. Mesmo assim, intuitivamente, achamos que os resultados encontrados, seriam melhores que os hoje existentes, de qualquer forma, necessitamos de testes para elucidar melhor a questão.

O aspecto espaçamento entre as estações, poderia ser atenuado gradualmente de duas maneiras. Primeiro, densificando as áreas mais povoadas entrecortadas por estradas ou rios, observando-se um dos critérios já sugeridos para fora da Amazônia. Segundo, aproveitando-se os novos pontos de apoio planimétricos ao mapeamento sistemático (Pontos HV), normalmente feitos em clareiras, como sendo integrantes de nossa rede básica. Para que isso fosse possível, teríamos que levar em conta pequenos detalhes, como por exemplo, a escolha criteriosa das estações bases para o mutiposicionamento, ou mesmo, efetuar uma adequada monumentalização dos novos marcos. Com o passar do tempo, a medida que o mapeamento sistemático fosse atualizado, ou que novos aglomerados urbanos se desenvolvessem, teríamos uma densidade considerável de novas estações, menos consistentes sem dúvida, mas plenamente válidas e adequadas à realidade da nossa Amazônia.

3.3 – A ALTIMETRIA

Deixamos, propositadamente, um espaço para discorrer sobre esse assunto, devido a sua grande importância para o quadro geodésico brasileiro em seu estágio atual.

Sem dúvida, o aspecto altimétrico, é o “calcanhar de Aquiles” de nossa proposta. Como é sabido, as altitudes fornecidas através rastreamento de satélites, são referentes ao elipsóide (altitudes geométricas), no entanto, precisamos obter as altitudes a partir do geóide (altitudes ortométricas), e são justamente essas diferenças entre as duas altitudes (ondulações geoidais) que temos dificuldades em determinar precisamente, em nosso território, até a presente data. Podemos atenuar este problema de duas formas: através de conexão geométrica entre uma referência de nível e o ponto rastreado, ou então, utilizando o mapa geoidal.

A questão das conexões a partir de referências de nível é uma saída restrita e nem sempre viável, devido às limitações físicas existentes e à escassez de nossa rede altimétrica em algumas áreas. Propomos que sejam efetuadas as conexões economicamente coerentes, ou até mesmo, eventualmente, fazer coincidir um ponto rastreado com uma RN, para reforçar o peso da altimetria ao longo da malha. Tal procedimento, já é adotado na rede de alta precisão existente.

Porém, a grande opção, é a utilização do mapa geoidal. Por meio deste podemos correlacionar facilmente as duas altitudes (geométrica e ortométrica), com uma precisão razoável, porém, bem aquém da desejada. Acontece que, nosso mapa geoidal não é suficientemente preciso; segundo (Fortes, 1987), a versão atual do mapa geoidal, apresenta boa precisão relativa, porém, com erros absolutos

consideráveis, o que é positivo, tendo em vista a utilização do método de multiestação. Em razão disto, temos que conviver com o problema, até que haja o desenvolvimento de nossa rede altimétrica e a expansão de nossa malha gravimétrica. Em conseqüência, teríamos mapas geoidais mais consistentes, todavia, alertamos que essa evolução é lenta e gradativa.

Assim sendo, a questão da altimetria na rede planimétrica seria resolvida aos poucos. Com o passar do tempo e das decorrentes evoluções em nosso mapa geoidal, teríamos como fazer sucessivos ajustamentos nos valores altimétricos, até que chegássemos a uma precisão compatível. De qualquer forma, temos uma forte impressão de que os resultados que obteríamos de imediato, não seriam piores do que aqueles encontrados hoje em dia em nossa rede planimétrica, obtidos a partir dos processos clássicos de nivelamento trigonométrico.

3.4 – O PLANEJAMENTO OPERACIONAL

Sem sombra de dúvidas, esta é uma etapa de considerável importância; a princípio, achamos que haveria necessidade de inúmeras mudanças, mas, posteriormente, vimos que não, o planejamento seria um pouco mais complexo, porém bem mais atraente.

Os principais aspectos que teríamos que levar em consideração seriam, a nível de macroplanejamento, uma preocupação voltada para a distribuição das diversas áreas de trabalho em nosso território, observando-se, inclusive, a recuperação, em regiões onde houvesse grande destruição dos marcos; sempre atentando-se aos vários interesses da Nação. Além disso, dar-se-ia grande atenção, ao desenvolvimento de uma política mais incisiva, voltada para a divulgação de nossas atividades, em âmbito nacional e regional.

A nível de execução, o planejamento seria dirigido à localização criteriosa das estações geodésicas bem como à divulgação em caráter local, visando uma conscientização coletiva de preservação dos marcos, nas áreas de atuação.

3.5 – A COMPOSIÇÃO DAS EQUIPES NOS TRABALHOS DE MEDIÇÃO

Não poderíamos deixar de focar esse lado da moeda e suas decorrentes vantagens. No nosso entender, o ponto fundamental seria a tendência altamente favorável, da relação “custo x benefício” em vários aspectos, sobretudo nos trabalhos de campo.

Para se ter uma idéia, hoje em dia, uma equipe de triangulação necessita de aproximadamente trinta componentes, entre técnicos e auxiliares, e essa mesma equipe mede cerca de seis figuras em um mês; com o advento da sistemática sugerida, teríamos com oito técnicos, no mínimo a medição de doze figuras no mesmo período, isto é, o dobro da produção com quase a quarta parte dos recursos envolvidos.

Da mesma forma, reduziríamos consideravelmente, os desgastes com pessoal e material, pois as condições de trabalho seriam esplêndidas em comparação com o quadro atual. Em suma, antevemos inúmeras outras vantagens, as quais não caberíamos colocar aqui, por se tratarem apenas de previsões, no entanto, achamos que vale pagar para ver.

3.6 – PROCESSAMENTO DOS DADOS COLETADOS

Seguramente, haveria uma considerável mudança nessa fase dos trabalhos. Temos, inclusive, a ousadia de mencionar que reduziríamos, em muito, o emprego de recursos humanos e técnicos, tornando bastante favorável a questão da produtividade, em comparação com o quadro atual.

É possível imaginar, que não mais necessitaríamos realizar aquela sucessão enfadonha de críticas às cadernetas de campo, bem como diversos cálculos manuais, alguns realizados até hoje por processos logarítmicos. Na realidade, a medida que as coordenadas preliminares das estações fossem sendo determinadas, nos preocuparíamos apenas, com o tratamento informatizado dos dados coletados e eventuais conexões, além de conferências dos formulários porventura existentes. Numa etapa subsequente, faríamos então, o trabalho mais envolvente dessa fase, que seria o ajustamento, em última análise, de toda a malha.

3.7 – A HORA E A VEZ DO USUÁRIO

Até agora, enfatizamos aspectos da proposta sob pontos de vista do IBGE e da comunidade científica que nos cerca. Porém, não podemos nos esquecer daqueles que procuram nossos elementos para tratar de problemas locais ligados à agrimensura, topografia, etc. Na verdade, o atendimento ao usuário é uma preocupação que deve estar sempre presente, por se tratar de uma das missões Institucionais do IBGE.

Um importante aspecto a beneficiar os usuários, já foi mencionado e diz respeito ao posicionamento físico dos marcos. Locais de difícil acesso ou escolhido ante um rigor geométrico,

além de, praticamente impedir a manutenção e preservação, dificultam bastante a ocupação por parte dos interessados. Imaginem um usuário subir à pé, uma elevação de três horas de caminhada, o que é muito comum, e em lá chegando, se deparar com um quadro não menos comum: o marco estar total ou parcialmente destruído. Tais situações, acabam por levar os usuários, cada vez mais, a lançar mão de um sistema arbitrário de coordenadas, uma saída mais simples, porém menos autêntica.

Nossa idéia, exceto para clareiras na selva amazônica, é nutrir as novas estações planimétricas de, no mínimo, dois marcos auxiliares, colocados estrategicamente, em locais de fácil identificação, acesso e conservação, a uma distância superior a trezentos metros, no entorno dos marcos principais. Assim sendo, os interessados poderiam facilmente atrelar seus levantamentos ao Sistema Geodésico Brasileiro.

Esses marcos auxiliares seriam chamados, a exemplo de que hoje ocorre, de marcos de azimute, tomando-se o cuidado de, na implantação dos mesmos, observar a intervisibilidade “chão a chão”, entre estes e o marco principal.

E como medi-los? A princípio, pensamos em utilizar os clássicos instrumentos ótico-mecânicos e distanciômetros eletrônicos, porém, após uma análise mais acurada, chegamos a conclusão de que, os marcos de azimute, poderiam facilmente ter coordenadas fornecidas, também, por rastreamento. Isso seria viável, se levássemos em conta que o tempo de rastreo, quando o Sistema GPS estiver a pleno, não excederá a um par de horas, mesmo assim, por puro preciosismo, poderíamos confirmar a intervisibilidade desejada, medindo-se com um teodolito de segundo, as distâncias angulares entre os marcos de azimute.

4 – NECESSIDADES PARALELAS

Para um melhor equacionamento de toda nossa proposta e a fim de enfocarmos vários ângulos da questão, apresentaremos algumas sugestões de eventos que deveriam ser desenvolvidos, paralelamente, aos trabalhos de implantação da Rede.

4.1 – PREOCUPAÇÃO COM A ALTIMETRIA

Tal preocupação se justifica pelo que foi descrito no item 3.3, assim sendo, sugerimos que, além da densificação da rede altimétrica propriamente dita, se observe o enriquecimento de nossa

malha gravimétrica. Em resumo, podemos dizer que os itens altimetria e gravimetria estão intimamente correlacionados e se complementam, formando um verdadeiro “círculo vicioso”, isto é, quanto mais consistente e extensa for nossa rede altimétrica, melhor será a rede gravimétrica e vice-versa.

4.2 – AQUISIÇÃO CONSCIENTE DOS GEORECEPTORES

É preciso que haja muita cautela na escolha dos rastreadores pois, a todo momento, surge uma nova opção. Precisamos conciliar a precisão na obtenção das coordenadas dada por um aparelho de duas frequências, com a robustez e compatibilidade necessárias aos trabalhos de campo, desenvolvidos normalmente em condições adversas. Não podemos nos esquecer da manutenção dos aparelhos, a ser proporcionada por uma assistência técnica idônea e fidedigna.

4.3 – RASTREAMENTO SIMULTÂNEO E ININTERRUPTO DE ESTAÇÕES DISTRIBUÍDAS NO TERRITÓRIO NACIONAL

Tal procedimento, deveria ser efetuado sob a coordenação do IBGE e, preferencialmente, envolvendo toda a comunidade, com vistas à determinação dos parâmetros orbitais dos satélites, sobre nosso território. Assim sendo, teríamos, em decorrência, uma autonomia na obtenção das efemérides e, em última análise, das coordenadas propriamente ditas, além de possibilitar no futuro, que os usuários adquirissem apenas um aparelho rastreador.

Reiteramos a necessidade de eventuais rastreamentos sobre referências de nível, com o intuito de contribuir para determinação da superfície do geóide e o conseqüente enriquecimento da carta geoidal.

5 – CONCLUSÃO

Com as idéias e sugestões apresentadas neste trabalho, pretendemos abrir um espaço para, junto à comunidade, discutir as possíveis mudanças na implantação de nossa rede básica. Obviamente, devido a simplicidade de nossa proposta e a insuficiência de informações até o momento, sentimos necessidade de complementar o trabalho com testes, análises e questionamentos, objetivando dar maior

consistência ao que aqui sugerimos. Portanto, aguardamos e agradecemos qualquer observação e nos colocamos à disposição para debater sobre este envolvente assunto.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 – ANDRADE, José Bittencourt de – Comunicação Pessoal – Curitiba, 1989
- 2 – BLITZKOW, Denizar; Fortes, L.P.S. – Geodetic Positioning Experiments With NAVSTAR/GPS in Brazil, 1989.
- 3 – FORTES, L.P.S – Comunicação Pessoal – Rio de Janeiro, 1989.
- 4 – FORTES, L.P.S. – Primeiros resultados, no IBGE, da Aplicação do Método de Multi-Estação, com Arcos Curtos, no Processamento de Observações de Satélites do Sistema TRANSIT, 1987.
- 5 – GEMAEL, Camil – Comunicação Pessoal – Curitiba, 1989.
- 6 – SANTOS JR, N.L. dos – Métodos Modernos de Estabelecimento de Apoio Básico, 1971.
- 7 – VICENTE, Raimundo de Oliveira – Comunicação Pessoal – Curitiba, 1989.