

Realidade e Perspectivas da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro Status and Perspectives of the Brazilian First Order Leveling Network

Roberto Teixeira Luz e Valéria Mendonça Guimarães
Departamento de Geodésia – IBGE
II Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, maio/2001, Curitiba, PR

RESUMO

São apresentadas as diretrizes de gerenciamento da Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), resultado de grandes aprimoramentos ocorridos nos últimos anos, à medida em que o IBGE consegue satisfazer as necessidades operacionais da comunidade técnica nacional (cobertura, disseminação) e pode dedicar-se à solução de questões ditas “científicas”. Dentre estas últimas, destacam-se : a recomposição de uma estrutura homogênea na rede, solucionando inconsistências advindas de sua grande disparidade temporal, interconectando os blocos de nivelamento mais recentes ; a integração com os levantamentos gravimétricos e de GPS, permitindo a obtenção de altitudes conceitualmente mais rigorosas e, também, de outras grandezas geodésicas associadas ao problema de referência vertical ; e o estabelecimento de estações maregráficas “geodésicas”, em que a preocupação é não somente a observação singela do nível do mar, mas também o monitoramento de todos os fenômenos associados.

ABSTRACT

The management criteria for the Brazilian First Order Leveling Network are presented. These criteria reflects great improvements achieved in the last years, as IBGE reaches operational needs of the national technical community (coverage, access) and moves to “scientific” subjects. These questions include : the homogenization of the network, solving temporal inconsistencies through connecting blocks of recent leveling; the integration with gravity and GPS surveys, allowing the achievement of conceptually rigorous heights and other geodetic parameters associated to the vertical reference problem; and the establishment of “geodetic” tide gauges, concerning not only to the observation of sea level, but also to the monitoring of associated phenomena.

Apresentação

Nos últimos tempos, a comunidade geodésica brasileira tem protagonizado importantes discussões acerca do referencial planimétrico do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Na verdade, muitas vezes sua rede planimétrica é tomada como sinônimo do próprio SGB. Talvez a principal razão para tal ênfase resida no extraordinário papel assumido pelo GPS na Geodésia. O GPS vem possibilitando o estabelecimento de redes geodésicas locais (i.e., em âmbito estadual), regionais (ou seja, nacionais), continentais e globais com níveis de precisão nunca antes alcançados (e.g., IBGE, 1997). No entanto, parece existir um importante “efeito colateral” negativo nesta tendência – a crença na possibilidade de abandono da utilização da Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP), e do próprio nivelamento geométrico, para estabelecimento da referência vertical, em favor dos levantamentos GPS associados a modelos do geopotencial ou “mapas geoidais”. Para tanto, muitas vezes recorre-se à execução de levantamentos GPS sobre as estações da RAAP (referências de nível, ou RRNN) na área de interesse, para a obtenção direta de ondulações geoidais e a conseqüente, porém questionável, determinação de “modelos locais”.

Obviamente, esses modelos locais, tanto quanto os de maior abrangência, absorvem as características de precisão dos dados e informações utilizados em sua elaboração e, em alguns casos, também em sua qualificação. Assim, por exemplo, as altitudes resultantes do processo de reajustamento global da RAAP, concluído em 1993, não foram consideradas nos levantamentos gravimétricos utilizados para geração do Mapa Geoidal do Brasil de 1992 (MGB-92), e provavelmente também não o foram no caso do EGM-96 (Lemoine et. al., 1998). O mesmo se aplica ao processo de qualificação do MGB-92, que se baseou na utilização de estações DOPPLER e GPS conectadas à RAAP. Como se observa na Figura 2, importantes diferenças existem entre os novos valores de altitude e os valores anteriores, nas Regiões Centro-Oeste e Norte.

Somente esse fato já configuraria, de modo inequívoco, o grande potencial de contribuição da RAAP, **em sua situação atual**, para o aprimoramento dos modelos geopotenciais utilizados no Brasil. Mesmo sem considerar prováveis melhorias resultantes de novos levantamentos altimétricos, ainda é possível alcançar refinamentos significativos, observando-se que as altitudes da RAAP nunca receberam

correção derivada das informações gravimétricas a ela associadas. Na última década o volume de tais informações cresceu bastante, tornando viável a obtenção sistemática de altitudes científicas no Brasil.

Assim, considerando seu papel de responsável pelo estabelecimento, pela manutenção e pelo gerenciamento do SGB, o IBGE continuará atuando no permanente aprimoramento da RAAP nos próximos anos, até o momento em que, eventualmente, o nivelamento geométrico de alta precisão possa efetivamente ser considerado ultrapassado, **no contexto do SGB**. As diretrizes que atualmente pautam essa atuação, bem como os caminhos trilhados pela RAAP até os dias atuais, são apresentados a seguir.

Desenvolvimento da Rede Altimétrica

O estabelecimento da RAAP teve início em 1945. Desde então, foram determinadas cerca de 65 mil RRNN, ao longo das principais rodovias e ferrovias brasileiras, correspondendo a mais de 160 mil quilômetros de duplo caminhamento de nivelamento geométrico. Das Figuras 1 e 2, observa-se que o desenvolvimento da RAAP pode ser dividido em três períodos :

- até 1969, foram cobertas as áreas de maiores densidade populacional e desenvolvimento econômico (Figura 1, linhas em vermelho), correspondendo basicamente às faixas de poucas centenas de quilômetros do litoral. As redes altimétricas de outras instituições – como a do então Serviço Geográfico do Exército (SGE) na Região Sul, a do antigo Instituto Geográfico e Geológico (IGG) de São Paulo, e a do Departamento Geográfico do Rio de Janeiro – foram também aproveitadas (Alencar, 1968) ;
- de 1970 a 1980, a RAAP foi estendida ao interior do país e aos pontos mais distantes do Território Brasileiro servidos por rodovias, nos estados do Acre e de Roraima (Figura 1, linhas em preto) ; e
- a partir da década de 80, passaram a ser reconstituídos os trechos da RAAP nas áreas com alto índice de destruição e também naquelas em que, no passado, existiram as redes altimétricas de outras instituições.

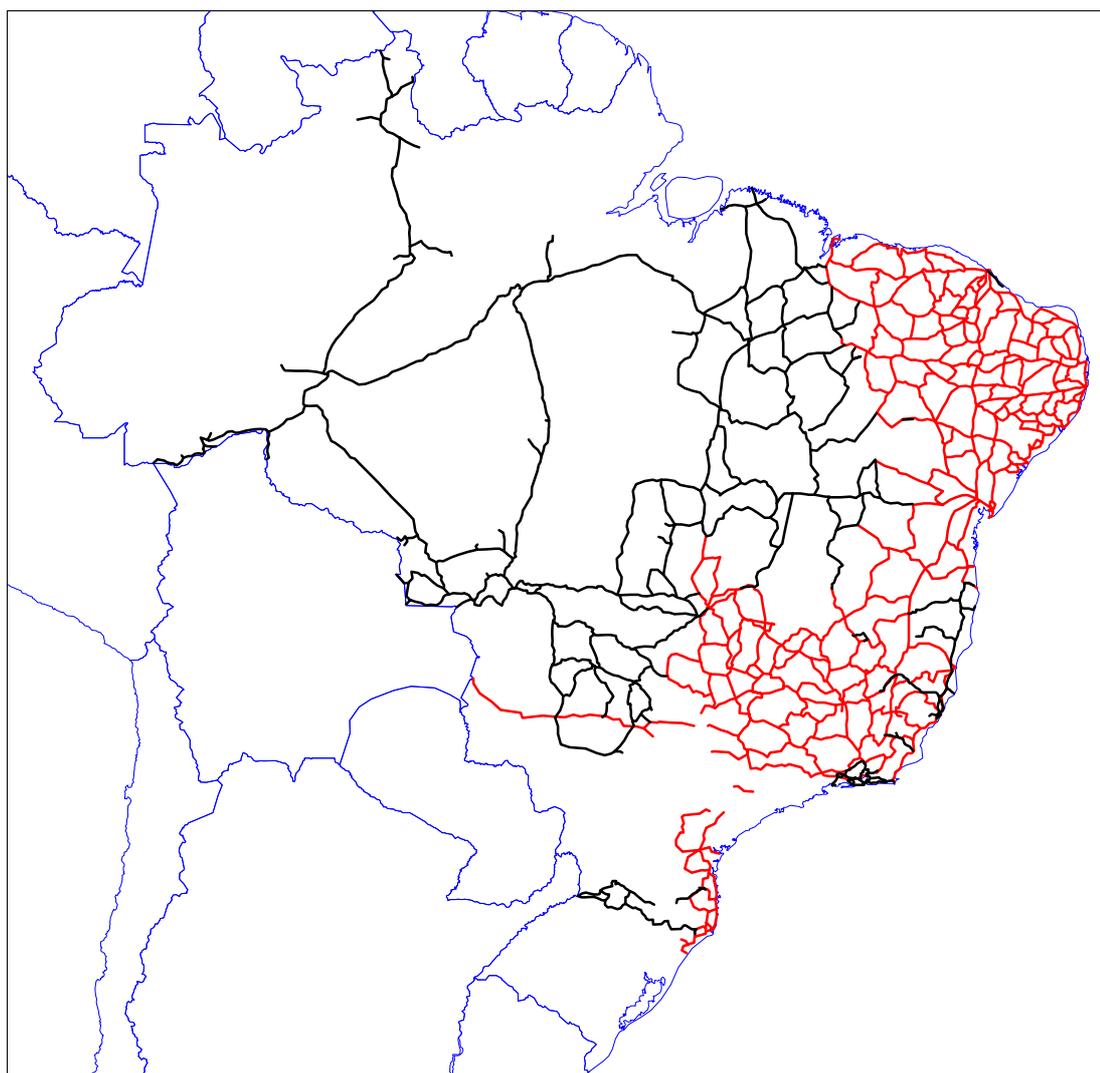


Figura 1 – Desenvolvimento temporal da RAAP : em vermelho, linhas estabelecidas até 1969, e em preto, entre 1970 e 1980 (Fonte : BDG – Banco de Dados Geodésicos)

Desde 1997, o Departamento de Geodésia (DEGED) do IBGE vem conduzindo o planejamento de novos levantamentos altimétricos de forma a atender a uma nova diretriz de longo prazo : a interconexão de blocos recentes de nivelamento. Isso permitirá a recomposição de uma estrutura única e homogênea na RAAP, resolvendo os problemas, cada vez mais freqüentes, de heterogeneidade temporal causada por abalo das RRNN existentes e por outras ocorrências, descritas à frente. A princípio, deverão ser montados apenas grandes circuitos, atingindo maiores porções da rede em menor tempo e com menor dispêndio financeiro, em vez da tradicional abordagem através do estabelecimento de redes relativamente densas.

No entanto, tal estrutura não significará nem o abandono das demais RRNN tampouco sua descaracterização como componentes de alta precisão. Ao contrário, o núcleo homogêneo ora em estabelecimento constituirá uma rede de referência com precisão muito maior que os padrões atuais, já que os procedimentos estarão consolidados, o tempo de implantação será consideravelmente menor, e significativos avanços serão incorporados, como descrito a seguir.

Materialização

Dois tipos de materialização vêm sendo utilizados. O primeiro é constituído por chapas metálicas circulares e convexas, cravadas em superfícies estáveis, como afloramentos rochosos, calçadas com espessura adequada, sapatas de sustentação de grandes estruturas de engenharia etc. Ao longo do tempo o modelo de chapa sofreu alterações (Beserra, 1948; IBGE, 1989), tanto em suas dimensões quanto no material de sua composição e, ainda, nos letreiros estampados em sua superfície. Alguns desses modelos mostraram-se mais suscetíveis à destruição e/ou alteração de posição. No entanto, essa informação ainda não pôde ser recuperada para utilização em um eventual esquema de ponderação no ajustamento da RAAP.

O segundo modelo é constituído de marcos de concreto, com profundidade máxima de 80 cm abaixo do solo e altura máxima de 20 cm acima do solo, encimados pelo mesmo tipo de chapa metálica. Esse modelo é utilizado tradicionalmente nas margens das rodovias em que não existem estruturas para sustentação adequada da chapa. Até 1995, foram utilizados marcos de segurança, constituídos por pequenos blocos de cimento encimados por pinos, construídos a 2m de distância horizontal e 60 cm de profundidade dos marcos principais.

Acredita-se que o fato de não serem utilizados marcos do tipo profundo – em que o ponto de referência (chapa ou pino) é ligado ao substrato rochoso através de varas metálicas de vários metros de profundidade – contribui para uma maior ocorrência de alterações da posição vertical das RRNN. No entanto, a não realização de reobservações sistemáticas das linhas de nivelamento da RAAP não permite uma correta quantificação e, conseqüentemente, uma adequada análise do fenômeno.

A utilização dos marcos profundos encontra-se em discussão no DEGED. Uma das possibilidades seria o estabelecimento de marcos desse tipo em intervalos aproximadamente regulares ao longo das linhas de nivelamento. Esse intervalos seriam da ordem de dezenas de quilômetros, e essas estações poderiam constituir excelentes pontos para determinações GPS associadas à RAAP.

Outra importante atividade relacionada à materialização não só da RAAP, como também das demais estações do SGB, e recentemente padronizada pelo IBGE, é a chamada Verificação da Realidade Física (VRF). Consiste na visita periódica das estações geodésicas, para manter atualizado o Banco de Dados Geodésicos (BDG) e também para garantir a preservação dessas estações, através da recuperação física dos marcos e da criação de condições para tanto na comunidade local (Rodrigues, 1999).

Medição

As medições de nivelamento geométrico foram realizadas, em sua grande maioria, com níveis Wild N3, tripés rígidos e miras invar de dupla graduação, segundo os procedimentos usuais para obtenção de alta precisão (Beserra, 1948; IBGE, 1983; Alencar, 1985) :

- leituras das miras realizadas usualmente na seqüência natural do trabalho (esquerda e direita de ré, esquerda e direita de vante), com a alternância da mira utilizada à ré e à vante para eliminação do erro de índice ;
- trabalhos de observação usualmente iniciando-se com as primeiras luzes do dia, estendendo-se até as horas em que os efeitos do aumento da temperatura começam a prejudicar a horizontalização do nível de bolha e a realização das leituras nas miras. Eventualmente os trabalhos foram também realizados nas últimas horas do dia ;

- comprimento das visadas de até 100 m, sendo utilizado atualmente o limite de 60 m ;
- visadas aproximadamente iguais a ré e a vante, com tolerância de 3 m para a diferença entre os somatórios de seção, para minimização dos efeitos de esfericidade e refração ;
- realização manual de alguns controles de qualidade das observações, como o monitoramento da diferença entre as leituras das graduações esquerda e direita das miras ;
- não realização de leituras meteorológicas para correção dos efeitos sistemáticos relacionados ;
- nivelamento e contra-nivelamento usualmente feitos em seqüência, com sua diferença devendo atender à tolerância de 4 mm km^{-1} (antes de 1985) ou 3 mm km^{-1} , desde 1985 ; e
- confirmação da estabilidade das RRNN, para conexão de novas linhas, através do renivelamento de pelo menos duas seções antigas, cujas diferenças entre desníveis novos e antigos não devem ultrapassar a mesma tolerância utilizada para a diferença do duplo nivelamento de uma seção.

Em função das crescentes dificuldades relacionadas à ausência de peças para manutenção, o DEGED vem avaliando alguns dos modelos de nível eletrônico já disponíveis no mercado. A substituição dos níveis N3 será feita somente à medida em que cada exemplar não mais apresente condições de operação. Assim, prevê-se que este modelo ainda continue em plena utilização por longo tempo. Alguns dos problemas já detectados em relação aos níveis digitais são a impossibilidade de sua utilização nos procedimentos de “travessia de rios” – em que as observações não são constituídas de leituras das miras, mas sim de graduações do parafuso de calagem da bolha principal (Alencar, 1981) – e a indefinição quanto aos procedimentos de aferição das miras de código de barras.

Tratamento das observações

O tratamento das observações de nivelamento geométrico, isto é, o cálculo das cadernetas, é até hoje realizado manualmente. A implementação de sistemas computacionais para realizar tal tarefa foi iniciada pelo DEGED, mas variadas dificuldades operacionais impediram que os mesmos fossem concluídos. Assim, as correções de aplicação complexa, como a dos certificados de aferição das miras ou a correção astronômica, não são consideradas.

O cálculo manual, conferido pelo menos duas vezes por técnicos diferentes, resulta em valores de diferença de nível (resolução de 1 décimo de milímetro) e distância nivelada (resolução de 10 metros) entre RRNN sucessivas. Aos valores de desnível observado é aplicada, durante o ajustamento, a “correção ortométrica”, i.e., a correção do não-parallelismo das equipotenciais (Ribeiro, 1989).

Até poucos anos atrás, as latitudes das RRNN, utilizadas para aplicação dessa correção e também para a elaboração de cartogramas da RAAP, eram geralmente extraídas de folhas topográficas (de 1:50.000 a 1:250.000), depois da locação aproximada através dos respectivos memoriais descritivos. Nesse processo, as coordenadas aproximadas das RRNN eram obtidas com resolução da ordem de apenas 1 minuto de arco. Atualmente, essas coordenadas são obtidas com navegadores GPS, com resolução de 1 segundo de arco.

O processamento das linhas de nivelamento foi realizado manualmente até fins da década de 80, quando entrou em operação efetiva, em micro-computadores PC, o programa computacional específico. Esse programa foi utilizado também para a crítica das linhas antigas, cujos dados foram digitados ao longo dos primeiros anos da década de 80, como preparação para o primeiro ajustamento global da RAAP (Ribeiro et. al., 1989).

Conforme explanação anterior, nunca foram utilizadas observações gravimétricas para correção dos dados de nivelamento da RAAP. A justificativa é a ausência, até a década de 90, desse tipo de observações sobre as RRNN da rede, de forma sistemática. Na verdade, o IBGE realizou extensos levantamentos gravimétricos na década de 60. Tais levantamentos concentraram-se na região do datum planimétrico, justamente para atender à necessidade de redefinição rigorosa do datum horizontal vigente até então, Córrego Alegre. Somente a partir de 1991, quando iniciaram-se os levantamentos gravimétricos sistemáticos no IBGE, foi possível acompanhar com gravimetria todas as novas linhas de nivelamento. Antes disso, inúmeras instituições realizaram observações gravimétricas, mas nem sempre sobre as RRNN da RAAP (Escobar et.al., 1995). O acesso aos dados também constituía uma questão delicada. Essa situação vem sendo alterada com os esforços da Sub-Comissão da IAG para Gravidade e Geóide na América do Sul (Blitzkow, 1999).

Datum altimétrico

Nos primeiros anos, a RAAP adotou como datum a média das observações de nível do mar de um ano (1919-20) no marégrafo de Torres (Mattos, 1948). Paralelamente, o Serviço Geodésico Inter-Americano (IAGS) iniciou a coleta sistemática de dados de nível do mar em vários pontos da costa brasileira. Isso

permitiu que, mais tarde, o datum altimétrico do SGB fosse redefinido de forma mais precisa, a partir das médias anuais de 1949 a 1957 (Alencar, 1990), no Porto de Imbituba (Figura 2).

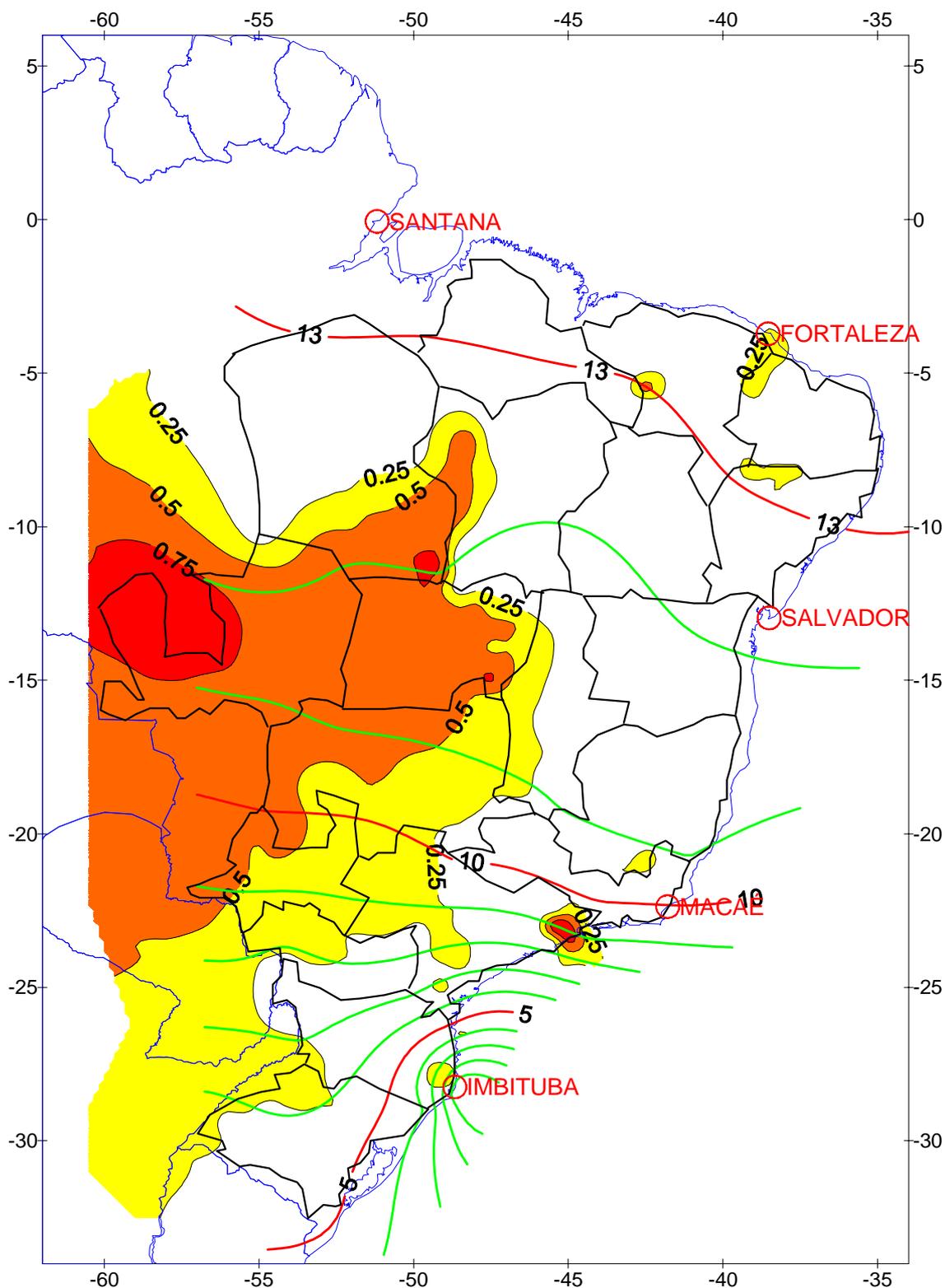


Figura 2 – Resultados do Ajustamento Altimétrico Global Preliminar (AAGP) : (a) em preto, a rede de macrocircuitos do AAGP; (b) em escala de cores (até 25cm, sem cor; de 25 a 50cm, em amarelo; de 50 a 75, em laranja; e acima de 75, em vermelho), são mostradas as diferenças entre as novas altitudes e as altitudes existentes; (c) em verde e vermelho, observam-se as isolinhas de precisão (cm) das altitudes do AAGP ; e (d) os círculos vermelhos representam as estações da RMPG (Rede Maregráfica Permanente para Geodésia) em sua configuração preliminar.

Dois aspectos do Datum de Imbituba devem ser ressaltados :

- sua localização, no extremo sul do país, acarreta maiores diferenças (até 25cm) em relação aos níveis médios locais na costa norte (Figura 3). Além disso, nas regiões mais distantes a propagação de erros do nivelamento geométrico também atinge valores elevados (13cm na costa norte), como se observa na Figura 2 ; e
- a porção de rede no estado do Amapá refere-se a um datum local (Santana, Figura 2), pois não é possível cruzar o Rio Amazonas com nivelamento geométrico nesse trecho.

Atualmente, o Departamento de Geodésia do IBGE está implantando a Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG), cujas estações são uniformemente distribuídas ao longo da costa brasileira (Figura 2). O objetivo dessa rede é monitorar, de forma precisa, as diferenças entre o Datum Altimétrico do SGB e os respectivos níveis médios regionais. Para tanto, cada estação é totalmente automatizada (observação, armazenamento e transmissão) e dotada não só de sensores para observação do nível do mar, mas também de outros parâmetros ambientais (vento, temperatura do ar e da água, densidade da água etc). A estação Macaé encontra-se em operação desde 1994. A estação Imbituba será instalada e iniciará sua operação ainda em 2001, enquanto que as demais estações devem entrar em operação em 2002. Todas essas estações foram ocupadas na Campanha GPS SIRGAS 2000.

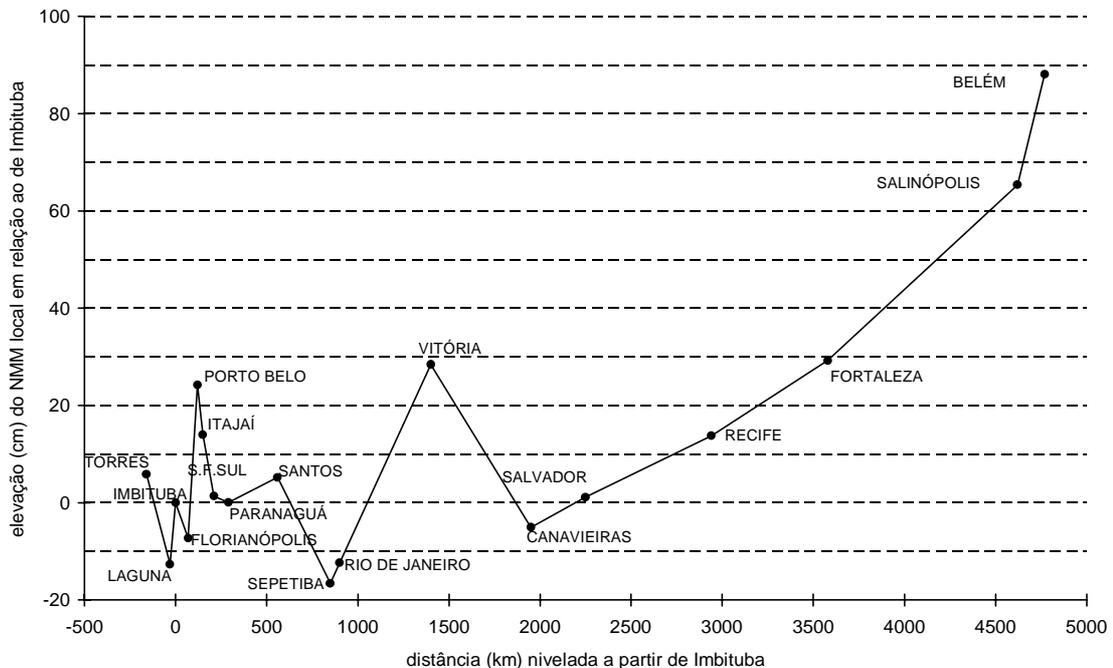


Figura 3 – Diferenças entre os níveis médios do mar locais e o Datum de Imbituba (Alencar, 1990)

Altitudes ajustadas

Entre 1945 e 1975, foram realizados oito ajustamentos manuais das observações da RAAP. Apenas os três primeiros envolveram todas as observações disponíveis em cada momento. A partir do quarto ajustamento, foi utilizado o procedimento de fixar as altitudes já calculadas, particionando-se a rede em blocos que apoiavam-se nos anteriores (Alencar, 1968).

No final da década de 70 foi iniciada a preparação do primeiro ajustamento automatizado. Todas as informações de resumo de nivelamento foram digitadas, e as respectivas linhas, criticadas. No entanto, ainda não era possível realizar um ajustamento único com todas as linhas da rede, o que levou a um novo particionamento (Ribeiro & Luz, 1991). Tal particionamento, no entanto, não foi feito da mesma forma que os anteriores, optando-se pelo estabelecimento de uma rede inicial de macro-circuitos, evitando a ocorrência de distorções excessivas. As diferenças entre os resultados desse Ajustamento Altimétrico Global Preliminar (AAGP) e os dos ajustamentos manuais pode ser apreciada na Figura 2. Observa-se que, nas áreas em que havia RRNN dos ajustamentos manuais, as diferenças

mantêm-se na ordem de 25cm. Nas regiões em que, então, não existiam RRNN nos ajustamentos manuais, a diferença chega a mais de 80cm.

Passados quase dez anos da conclusão do AAGP, o grande número de linhas de nivelamento adicionadas à RAAP, bem como a existência de novas ferramentas computacionais para ajustamento de grandes redes geodésicas, já justificam estudos visando à realização de novo ajustamento, que, contudo, ainda não foram iniciados.

Banco de Dados Geodésicos

Desde 1995, os usuários das informações do SGB vêm experimentando os benefícios da informatização do BDG. Tal processo foi iniciado na década de 80, com o Centro de Informações Cartográficas (CIC), através do qual todas as coordenadas e altitudes foram digitadas. Posteriormente, já no DEGED, o processo de informatização foi concluído, com a digitação e crítica do enorme volume de informações das fichas descritivas de RRNN.

O próximo passo, já em andamento, é a implementação de uma versão muito mais abrangente e flexível do Banco de Dados Geodésicos, em ambiente gráfico, vencendo as limitações da atual interface em DOS/Clipper. O projeto da nova versão inclui procedimentos que permitirão uma completa reformulação do fluxo de informações associadas aos levantamentos geodésicos, desde a fase de planejamento, passando pelas etapas administrativas internas, até a disponibilização de informações através da Internet.

Referências

- Alencar, J. C. M. (1968) Sistema Nacional de Nivelamento de 1ª Ordem. Conferência Nacional de Geociências, IBGE, Rio de Janeiro.
- Alencar, J. C. M. (1981) Experiência do IBGE nas Travessias de Rios com Nivelamento de Precisão. Anais do 10º Congresso Brasileiro de Cartografia, 2º volume, SBC, 461-489, Brasília.
- Alencar, J. C. M. (1985) Nivelamento Geodésico – Manual de Instruções, 2ª ed., IBGE, Fortaleza.
- Alencar, J. C. M. (1990) Datum Altimétrico Brasileiro, Cad. Geociências, IBGE, 5:69-73, Rio de Janeiro.
- Beserra, H. (1948) Instruções para Nivelamentos de Precisão, Publicação no. 4 da série C da Biblioteca Geográfica Brasileira, Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro.
- Beserra, H. (1952) Ajustamento da Rede de Nivelamento, Publicação no. 11 da série B da Biblioteca Geográfica Brasileira, Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro.
- Blitzkow, D. (1999) Relatório – Sub-Comissão do Geóide para América do Sul, IGeS Bulletin n.9, International Geoid Service, Milano.
- Escobar, I. P., Gemaél, C., Blitzkow, D. (1995) Um Modelo Matemático para Realização de um Sistema de Altitudes. Anais do XVII Congresso Brasileiro de Cartografia (não publicados), Salvador.
- IBGE (1983) Resolução do Presidente - Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos.
- IBGE (1989) Norma de Serviço - Padronização de Marcos Geodésicos.
- IBGE (1997) Relatório Final - Grupos de Trabalho I e II do Projeto SIRGAS, IBGE, Rio de Janeiro.
- IGG (1962) Nivelamento Geral do Estado – Altitudes de Precisão, Boletim no. 36, Instituto Geográfico e Geológico, Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, São Paulo.
- Laskowski, P. (1983) The Effect of Vertical Datum Inconsistencies on the Determination of Gravity Related Quantities. Reports of the Dept. of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, Report no. 349, Columbus, Ohio, EUA.
- Lemoine, F. G., Pavlis, N. K., Kenyon, S. C., Rapp, R. H., Pavlis, E. C., Chao, B. F. (1998) New High-Resolution Model Developed for Earth's Gravitational Field, Eos, Vol.79, No.9, AGU, Washington.
- Luz, R. T. (1993) Algumas Questões sobre a Componente Altimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Cartografia, volume 1, SBC, 161-163, Rio de Janeiro.
- Luz, R. T., Neves, C. F. (1995) Problemas Presentes na Observação do Nível do Mar visando a Definição do Datum Vertical de Grandes Redes Geodésicas. Anais do XVII Congresso Brasileiro de Cartografia (não publicados), Salvador.
- Luz, R. T. (1996) A Influência das Ondas de Alta e Média Frequência na Observação do Nível do Mar para Aplicações Geodésicas. Dissertação de Mestrado, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Mattos, A. H. (1948) Ajustamento Preliminar de uma Rede de Nivelamento, Publicação no. 7 da série B da Biblioteca Geográfica Brasileira, Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro.
- Ribeiro, G. P. (1989) Ajustamento Altimétrico desenvolvido através do Método das Equações de Observação e com Análise Estatística dos Resultados. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Ribeiro, G. P., Lobianco, M. C. B., Luz, R. T. (1989) Crítica e Análise dos Dados Iniciais Relativos à Preparação para o Ajustamento de Redes de Nivelamento de Alta Precisão. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Cartografia, volume 1, SBC, 215-218, Gramado.

- Ribeiro, G. P., Luz, R. T. (1991) Resultados Preliminares do Ajustamento Global da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro. Anais do XV Congresso Brasileiro de Cartografia, volume 1, SBC, 155-162, São Paulo.
- Rodrigues, A. C. (1999) Manutenção Física dos Marcos do Sistema Geodésico Brasileiro. XIX Congresso Brasileiro de Cartografia, SBC, Recife.
- SGE (1950) Altitudes Provisórias das RN Instaladas pela Antiga Comissão da Carta Geral do Brasil e pelo Serviço Geográfico do Exército, Separata do Anuário 1949 do SGE, Serviço Geográfico do Exército, Rio de Janeiro.