

Esclarecimento sobre a relação entre o Datum Vertical do SGB (Imbituba e Santana) e os Níveis de Redução e “Zeros” Hidrográficos no Litoral Brasileiro

1. Apresentação

Por meio do Banco de Dados Geodésicos (BDG), a Coordenação de Geodésia (CGED) do IBGE fornece, a toda a comunidade técnico-científica nacional, informações geodésicas utilizadas em projetos de engenharia, mapeamento e estudos científicos. As informações mais freqüentemente solicitadas são as altitudes das estações verticais (Referências de Nível, RRNN) do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), para utilização em estudos em que o desnível ou a declividade são importantes – por exemplo, na implantação de sistemas de abastecimento de água e de saneamento básico.

As altitudes do SGB têm origem em dois valores particulares do nível médio do mar (NMM), denominados Datum de Imbituba e Datum de Santana. O primeiro foi definido a partir de observações do nível do mar realizadas no Porto de mesmo nome (SC) entre os anos de 1949 a 1957. Para a definição do Datum de Santana (AP), foram utilizadas observações feitas em 1957 e 1958 (Alencar, 1990; FEMAR, 2000; Luz e Guimarães, 2003).

Para o posicionamento vertical em regiões costeiras, a utilização das altitudes do SGB apresenta dificuldades específicas. O nível do mar local é um elemento crítico para a realização bem sucedida de obras costeiras, mas muitas vezes sua relação com os *data* verticais do SGB é desconhecida. A situação mais comum envolve também a caracterização do regime local das marés, pois o usuário deseja um nível de referência mínimo ou máximo, e não um valor médio.

Além dos níveis de referência mais utilizados no litoral brasileiro e sua relação aproximada com os *data* de Imbituba e Santana, o texto apresenta a Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG), concebida e operada pelo IBGE para refinar as altitudes do SGB.

2. Níveis de Referência Maregráficos

A fonte de informação mais comum sobre os níveis de maré na costa brasileira é a Tábua de Marés (TM), publicada anualmente pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, e disponibilizada também no sítio da DHN na Internet. Na TM, são divulgados os horários e alturas das preamares e baixamares (níveis máximos e mínimos do mar), medidas a partir do **Nível de Referência (NR)**, isto é, um nível mínimo definido **localmente** de forma que não haja valores negativos de altura da maré. Além das informações da TM, o NR também serve de referência para as profundidades apresentadas nas Cartas Náuticas editadas pela DHN, instrumentos essenciais para a segurança da navegação nas águas brasileiras.

O NR é definido localmente devido a uma característica geofísica do fenômeno das marés – a amplitude da maré, isto é, a diferença entre os níveis máximos e mínimos, varia progressivamente ao longo dos litorais de todo o mundo (e. g., Pugh, 1987). No Brasil, por exemplo, a amplitude mínima em costa aberta é registrada no extremo sul, na região da embocadura da Lagoa dos Patos, onde chega a poucas dezenas de centímetros, enquanto que as amplitudes máximas, também em costa aberta, chegam a valores da ordem de 3 m no litoral norte. Em alguns litorais de conformação geométrica particular, as marés são amplificadas e suas amplitudes alcançam valores bem maiores – no fundo da Baía de São Marcos, na região de São Luís, no Maranhão, a amplitude ultrapassa 7 m, e no Igarapé do Inferno, na Ilha de Maracá, no Amapá, chega a quase 9 m. A Figura 1 apresenta esquematicamente essa variação espacial do NR.

Nessa figura, observa-se que foram utilizados dados coletados em diferentes períodos. Para exemplificar a influência que essa diversidade temporal pode ter sobre a comparação de níveis de referência maregráficos, a Figura 2 mostra os NMM anuais em Imbituba entre 1949 e 1968, bem

como as médias mensais de 1957. Observa-se que a variação das médias anuais pode ultrapassar 5 cm, enquanto que as médias mensais podem alcançar diferenças de 25 cm. Assim, a utilização de níveis de referência baseados em curtos períodos de observação maregráfica deve ser feita com cuidado, particularmente nas Regiões Sul e Sudeste, em que a influência meteorológica sazonal é mais pronunciada.

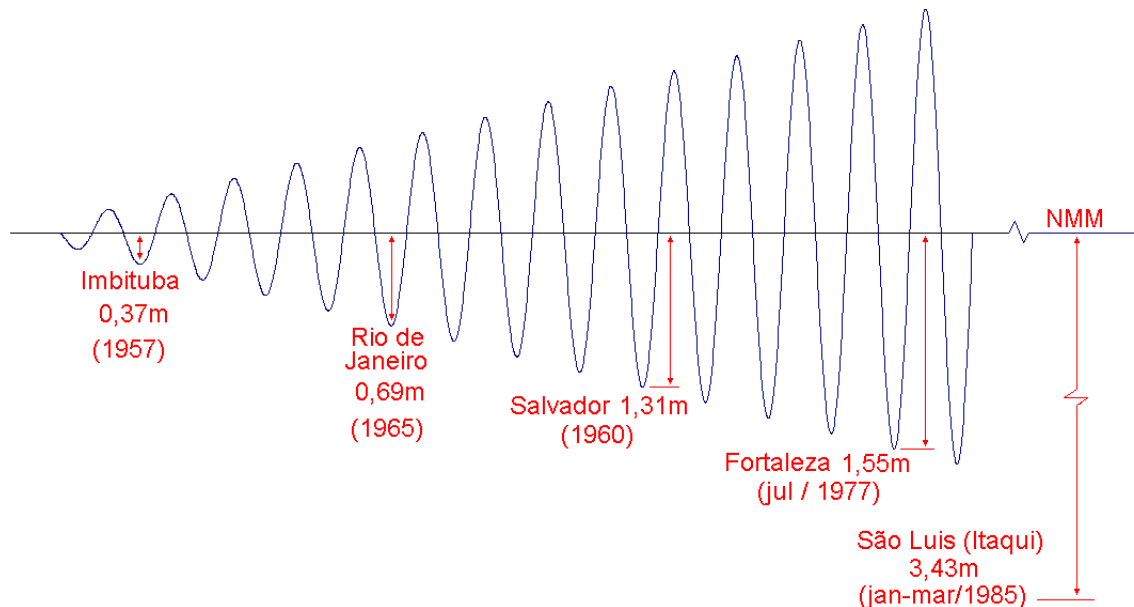


Figura 1 – Representação esquemática do aumento progressivo da amplitude de maré ao longo do litoral brasileiro, com valores do NMM referidos ao NR local (DHN, 2002). Para essa representação, o NMM foi considerado constante para todo o litoral. As indicações de data referem-se às observações maregráficas utilizadas para o cálculo dos níveis de referência, de acordo com FEMAR (2000).

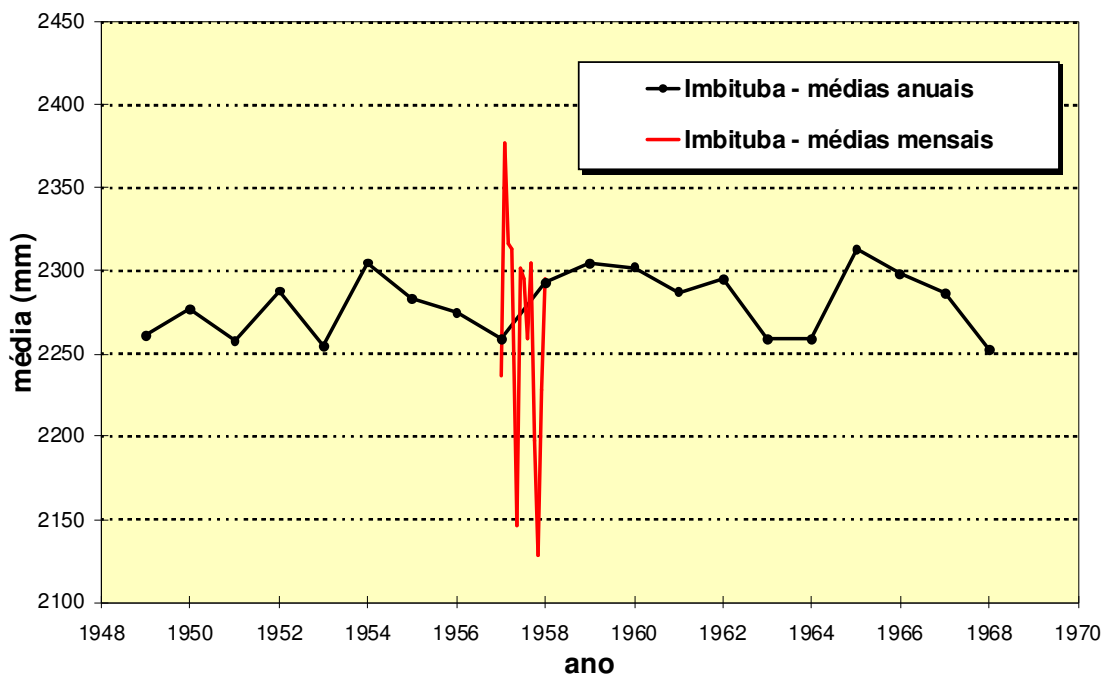


Figura 2 – Níveis médios em Imbituba : valores anuais entre 1949 e 1968, e mensais de 1957 (PSMSL, 1996). Observa-se que a variação das médias anuais é da ordem de 5 cm, e a das mensais, de 25 cm. Não é possível analisar a existência de tendências de elevação do nível médio, já que esse tipo de estudo requer períodos de observação bem maiores que o disponível.

3. Diferenças entre o Datum Vertical do SGB e outros referenciais altimétricos

Além da variação espacial da amplitude de maré e da variação temporal dos níveis maregráficos, mostradas anteriormente, a variação espacial do NMM também constitui dificuldade para a comparação entre as altitudes referidas aos *data* de Imbituba e Santana e as alturas referidas a um outro nível maregráfico qualquer. Sabe-se que o NMM em dado local apresenta desvios em relação à média global, em função dos ventos e correntes oceânicas, entre outros fatores.

Assim, o NMM foi considerado constante na Figura 1 apenas para simplificar o entendimento. A variação espacial do NMM pode ser apreciada na Figura 3, que apresenta as diferenças entre as altitudes do SGB e os valores de NMM locais em vários marégrafos da costa brasileira cujas RRNN foram vinculadas à Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) do SGB.

No entanto, tais diferenças sofrem do mesmo problema temporal apresentado na Figura 1 : os níveis de referência mostrados (NMMs, no caso da Figura 3) foram calculados a partir de dados coletados em diferentes períodos, muitas vezes há décadas atrás. A Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG) foi idealizada para resolver esse problema.

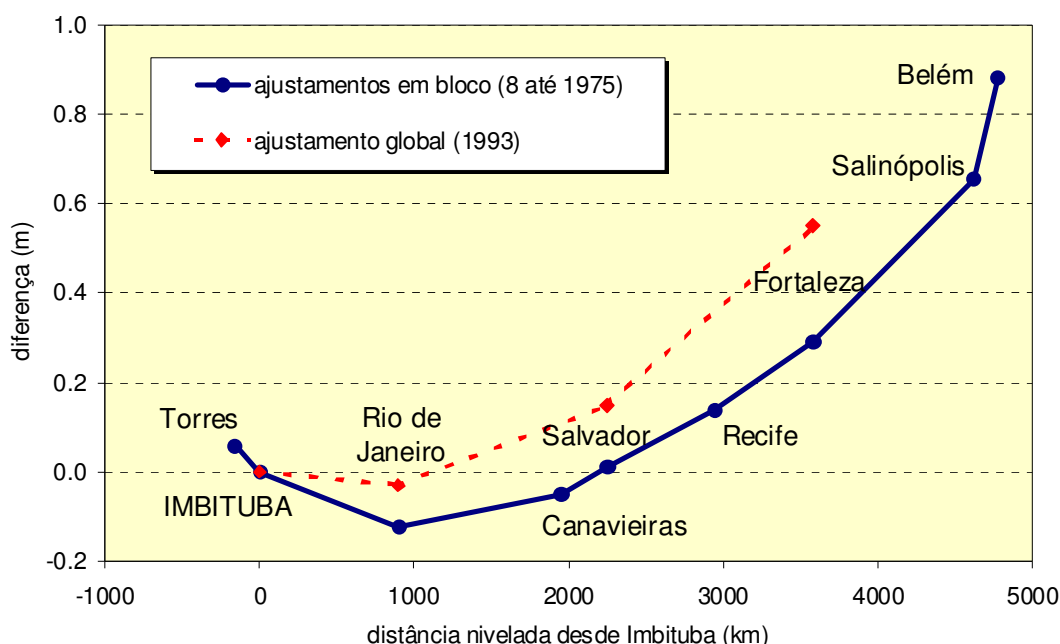


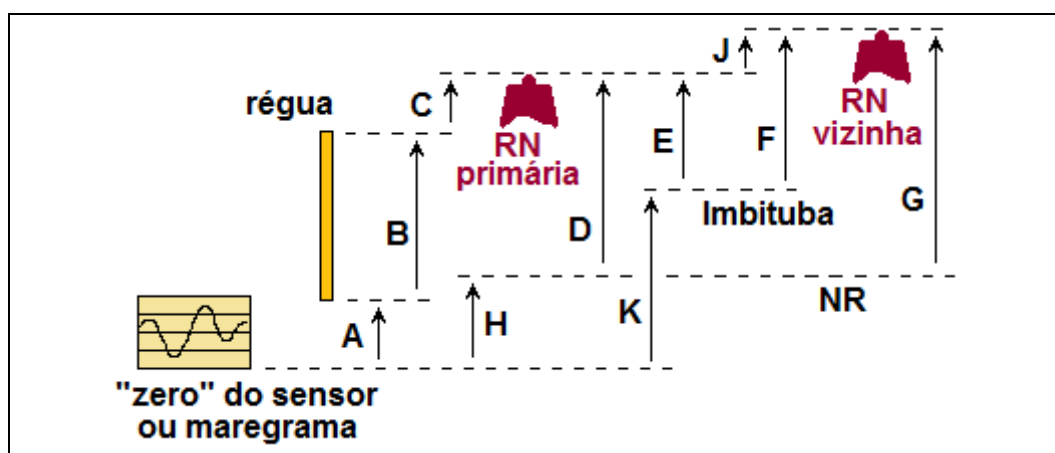
Figura 3 – Diferenças entre as altitudes das RRNN do SGB (referidas a Imbituba) e suas alturas em relação aos NMM locais (adaptado de Alencar, 1990). O ajustamento global dos dados de nivelamento geométrico da RAAP, concluído em 1993, produziu altitudes de um número significativamente maior de RRNN que os ajustamentos manuais realizados periodicamente entre 1948 e 1975 (Alencar, 1968; Luz e Guimarães, 2001; Luz et al., 2002).

4. RMPG – Rede Maregráfica Permanente para Geodésia

A RMPG foi concebida pelo IBGE, com apoio de UFRJ e UFPR, em 1996, como forma de permitir a correlação temporal e espacial entre o Datum Vertical do SGB (Imbituba/Santana) e os níveis de referência maregráficos **atuais** (Luz e Guimarães, 2003). Suas estações maregráficas estão instaladas em Imbituba (SC), Macaé (RJ), Salvador (BA), Fortaleza (CE) e Santana (AP), mas ainda não é possível estabelecer as desejadas correlações, já que os períodos de operação simultânea são insuficientes – apenas em abril de 2008 foram instalados os sensores digitais da estação de Fortaleza. Mesmo assim, as observações da RMPG são processadas e continuamente disponibilizadas ao público interessado na **variação relativa** do nível do mar, em página específica do sítio do IBGE na internet (<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/>). Informações sobre a vinculação dessas observações às RRNN de controle, em cada estação da RMPG, serão divulgadas à medida em que a análise das respectivas medições de nivelamento seja concluída.

5. Controle e transferência do nível de referência de observações maregráficas

O controle do nível de referência das observações de nível do mar é tradicionalmente realizado por intermédio da régua de marés (Figura 4). Nas ocasiões em que o operador da estação maregráfica faz a substituição do gráfico de papel, é feita uma leitura do nível d'água (NA) na régua, permitindo que as alturas do NA entre duas leituras sucessivas sejam interpoladas com base no gráfico respectivo. Assim, todas as observações referem-se ao zero da régua, cujo vínculo às RRNN da estação maregráfica é periodicamente controlado através do nivelamento geométrico de alta precisão do topo da régua. Isso permite que os valores de NA sejam posteriormente referenciados a qualquer outro datum vertical, além de evitar que eventuais alterações na posição da régua introduzam tendências ou desvios fictícios nos dados de nível do mar. Uma forma mais elaborada de controle da referência das leituras – inclusive as dos sensores digitais –, é constituída pelo chamado “teste de Van de Castele” (IOC, 1985, p. 26), que também permite diagnosticar problemas mecânicos nos marégrafos convencionais e eventuais obstruções do poço. Neste procedimento, são realizadas leituras freqüentes – em geral, a cada 15 minutos – e simultâneas da régua e dos marégrafos, ao longo de um ciclo completo de maré, ou seja, pelo menos 13 horas.



- A. (Dados) x (Régua) – valores obtidos através de leituras de aferição (“van de Castele”)
- B. Leitura nominal do topo da régua
- C. (Régua) x (RN primária) – nivelamento geométrico direto da régua
- D. Altura da RN primária acima do Nível de Redução da DHN (“NR”)
- E. Altitude da RN primária referente a Imbituba (ou Santana), obtida no BDG do IBGE
- F. Altitude de uma RN vizinha referente a Imbituba/Santana (BDG)
- G. Altura da RN vizinha acima do NR
- H. Constante a ser subtraída das leituras do marégrafo para referenciá-las ao NR
- J. Acompanhamento da estabilidade das RRNN da estação via nivelamento geométrico
- K. Constante a ser subtraída das leituras do marégrafo para referenciá-las a Imbituba

Figura 4 – Controle e transferência dos níveis de referência das observações maregráficas

6. Referências

- ALENCAR, J. C. M. (1968) Sistema Nacional de Nivelamento de 1ª Ordem. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE GEOCIÊNCIAS, 1., 1968, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/a1968_1.php> (PDF indisponível neste link).
- ALENCAR, J. C. M. (1990) Datum Altimétrico Brasileiro. Cadernos de Geociências, Rio de Janeiro, v. 5, p. 69-73. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/a1990_1.php>, último acesso: 21/10/2010.
- DHN (2002) Tábua de Marés. Disponível em: <<http://www.dhn.mar.mil.br>>.

- FEMAR (2000) Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras. Fundação de Estudos do Mar, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.femar.com.br>>.
- IOC (1985) Manual on Sea Level Measurement and Interpretation. Paris: IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission), v. I. Disponível em: <<http://www.pol.ac.uk/psmsl/manuals/>>, acesso: 16/02/2007.
- LUZ, R. T.; GUIMARÃES, V. M. (2001) Realidade e Perspectivas da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, 2., 2001, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/a2001_1.php> (*PDF indisponível neste link; endereço para acesso direto: <http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/pdf/2001-Realidade_e_Perspectivas_da_RAAPSGB.pdf>*), último acesso: 21/10/2010.
- LUZ, R. T.; FREITAS, S. R. C.; DALAZOANA, R. (2002) Acompanhamento do Datum Altimétrico IMBITUBA através das Redes Altimétrica e Maregráfica do Sistema Geodésico Brasileiro. In: IAG SYMPOSIUM, 2002, Santiago. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/a2002_4.php> (*PDF indisponível neste link; endereço para acesso direto: <http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/pdf/2002-Acompanhamento_Imbituba_atraves_Redex_SGB.pdf>*), último acesso: 21/10/2010.
- LUZ, R. T.; GUIMARÃES, V. M. (2003) Dez Anos de Monitoramento do Nível do Mar no IBGE. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, 3., 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/a2003_1.php>, (*PDF indisponível neste link; endereço para acesso direto: <http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/pdf/2003-Dez_anos_de_MNM_no_IBGE_3.pdf>*), último acesso: 21/10/2010.
- LUZ, R. T.; BOSCH, W.; FREITAS, S. R. C.; HECK, B. (2008) Topografia do nível médio do mar no litoral sul-sudeste brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO (SIMGEO), 2., 2008, Recife. Anais... Recife: UFPE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/canal_artigos/a2008_4.php>, último acesso: 21/10/2010.
- PSMSL (1996) Permanent Service for Mean Sea Level. Disponível em: <<http://www.pol.ac.uk>>.
- PUGH, D. T. (1987) Tides, Surges and Mean Sea-Level. Chichester: John Wiley. xiv, 472 p. Disponível em: <<http://www.pol.ac.uk/psmsl/training/books.html>>, acesso: 17/12/2007.