

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociências
Coordenação de Geodésia

**Relatório de Monitoramento da Variação
do Nível Médio do Mar nas Estações da
Rede Maregráfica Permanente para
Geodésia – 2001-2012**

Rio de Janeiro
2013

Apresentação

A Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG) representa o avanço do IBGE na direção de atender aos requisitos fundamentais da Geodésia moderna, integrando definitivamente o nível médio do mar como parâmetro essencial à definição e realização de sistemas geodésicos de referência no Brasil. Este Relatório apresenta e discute os procedimentos adotados para a análise das observações, o controle e vinculação dos respectivos níveis de referência, sintetizando a experiência de 12 anos da instituição no monitoramento do nível do mar. Com isso, o IBGE subsidia a vinculação dos Referenciais Verticais Brasileiros aos demais níveis de referência maregráficos utilizados na cartografia náutica e na engenharia costeira, e contribui para os estudos da elevação global do nível do mar.

Wadih João Scandar Neto
Diretor de Geociências

Sumário

1. Introdução	7
2. A Rede Maregráfica Permanente para Geodésia	11
3. Protocolos de Processamento das Observações	18
3.1. Controles de qualidade preliminares	18
3.2. Crítica e filtragem dos arquivos diários	20
3.3. Análise harmônica	20
3.4. Conversão de registros gráficos	24
3.5. Monitoramento da estabilidade métrica dos sensores eletrônicos	27
3.6. Consolidação e unificação das séries temporais em cada estação	27
3.7. Controle geodésico e correção de efeitos não-oceânicos	29
4. Resultados Preliminares	31
5. Comentários Finais e Perspectivas	38
Referências	39
Equipe Técnica	45

1. Introdução

A Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG) foi proposta conjuntamente por UFRJ e UFPR ao IBGE em 1996 (LUZ, NEVES, FREITAS, 1996), com o objetivo principal de subsidiar a vinculação temporal e espacial dos *Data* Verticais Brasileiros (DVB) em Imbituba e Santana aos demais níveis de referência maregráficos, utilizados na cartografia náutica e na engenharia costeira:

“A utilização do nível médio do mar (NMM) como referência altimétrica tem sido aceita mundialmente com base em conceitos arraigados sobre a existência de um nível médio permanente e estático, bem como em necessidades práticas de estabelecimento de redes de drenagem e cotas de segurança para estruturas na região litorânea. Se por um lado as observações em escala global sobre os oceanos derrubaram aquele conceito primitivo de uma superfície estática (VANÍCEK, KRAKIWSKI, 1986), o crescimento da ocupação humana na zona costeira exigiu maior refinamento na definição dos possíveis riscos de inundação dessas áreas. (...) Portanto, as medições de nível do mar devem ser acompanhadas de uma série de outras medições ambientais e geofísicas, que permitam explicar as variações que eventualmente sejam observadas (MERRY, VANÍCEK, 1981). Tal recomendação assume especial importância no contexto de um datum altimétrico definido com base em mais de uma estação maregráfica. Em cada uma delas os efeitos ambientais e geofísicos assumem características diferenciadas, levando à necessidade de uma homogeneização espacial das observações de nível do mar. Igualmente, deve haver a simultaneidade de observações em todas as estações que definam o datum altimétrico.” (LUZ, NEVES, FREITAS, 1996)

Posteriormente, o próprio IBGE (LUZ, GUIMARÃES, 2003) reconheceu o caráter essencial da RMPG como interface entre a Rede Altimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e as missões altimétricas espaciais (ALTSAT), a fim de permitir a determinação da topografia do nível médio do mar (TNMM, também denominada topografia dinâmica dos oceanos) ao longo do litoral brasileiro. Mais recentemente, a observação do NMM por meio de marégrafos costeiros integrados aos sistemas geodésicos de referência foi reconhecida como primordial para a realização do próprio sistema geométrico (COLLILIEUX, WÖPPELMANN, 2011; DAVIS et al., 2012, p.21).

Por outro lado, estudos referentes ao aprimoramento do sistema de altitudes brasileiro (CORDINI, 1998; FREITAS et al., 2002; DALAZOANA, 2005; FREITAS et al., 2007; FERREIRA, 2011; SVONKA, 2011) desaconselham sua redefinição baseada exclusivamente em informações maregráficas, recomendando que tal meta seja

alcançada por meio da integração dos diferentes produtos e métodos geodésicos hoje disponíveis. Um exemplo extremo dos impactos da utilização de múltiplas estações maregráficas no estabelecimento de um datum vertical é a distorção norte-sul de até 1,5 m das altitudes australianas, cujo “datum de altitudes da Austrália” (AHD) foi estabelecido com informações de 30 estações maregráficas (FEATHERSTONE et al., 2011; FEATHERSTONE, 2002). No Brasil, parece ocorrer algo similar, no caso da relação entre os *data* verticais de Santana e Imbituba:

“Como uma primeira aproximação, se obteve um afastamento médio entre os *data* verticais de Imbituba e Santana (...) de 1,4m. (...) A metodologia proposta não foi rigorosamente testada, desde que a região tem escassez de pontos com informação de GPS/Nivelamento. (...) Em consequência, as conclusões apresentadas aqui devem ser consideradas com extrema precaução. Resultados mais confiáveis poderiam ter sido alcançados, porém com um maior número de estações disponíveis (~100 estações). No entanto o propósito principal deste estudo foi ilustrar um método para enfrentar o problema da conexão dos *data* verticais existentes no Brasil. Também, tal método pode ser estendido para a inclusão de marégrafos de controle à RVFB.” (MONTECINO CASTRO, 2011, p. 88).

Para alcançar o objetivo de integração com informações de ALTSAT, um aspecto primordial das estações da RMPG é a existência de equipamentos de coleta de sinais dos sistemas globais de navegação e posicionamento por satélites operando continuamente (“*continuously global navigation satellite systems*”, CGNSS), junto aos sensores (BEVIS et al., 2002; DALAZOANA et al., 2005; IOC, 2006). Isso permite o posicionamento geocêntrico da estação maregráfica e, conseqüentemente, a determinação do nível do mar em relação ao mesmo sistema de referência das informações de ALTSAT. Além disso, aqueles equipamentos também são essenciais para o monitoramento dos efeitos de eventuais movimentos verticais de origem não-oceânica (i. e., recalque/elevação das estruturas que suportam os sensores, rebaixamento/soerguimento crustal etc). Completando o controle geodésico de estações maregráficas (CGEM), as estações CGNSS devem ser vinculadas aos sensores de nível do mar por meio do chamado nivelamento científico (IBGE, 2010). Somente com este nivelamento de CGEM é possível aplicar, às observações de nível do mar, as devidas correções referentes aos eventuais movimentos verticais sofridos pelos sensores maregráficos. No Brasil, as estações CGNSS constituem a chamada “Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS” (RBMC).

Modelos globais de TNMM cada vez mais precisos vêm sendo produzidos por diversas instituições geodésicas internacionais (e. g. KNUDSEN et al., 2011). A avaliação parcial de um dos primeiros modelos, realizada no âmbito de uma pesquisa acadêmica (LUZ, 2008), revelou alguns problemas que ainda inviabilizavam, àquela época, a pretendida correção do NMM para uma eventual vinculação entre os *data* de Santana e Imbituba.

Além da dificuldade referente à TNMM, o nivelamento de CGEM da RMPG ainda não é realizado com a periodicidade anual recomendada (IBGE, 2010), em função das restrições de execução orçamentária impostas ao IBGE nos últimos anos. O monitoramento sistemático da posição vertical dos sensores maregráficos e RRNN de CGEM, é essencial para a obtenção de estimativas confiáveis das taxas de elevação ou rebaixamento do NMM.

O IBGE vem operando a RMPG com o intuito de garantir a qualidade das informações de longo prazo sobre o nível médio local em suas estações, e integrá-las na modelagem matemática do chamado “problema de valor de contorno geodésico” (PVCG), quando todas as demais informações geodésicas necessárias estiverem disponíveis (e. g., SÁNCHEZ, 2006; GERLACH, RUMMEL, 2013; SIDERIS et al., 2013). Exemplos importantes de lacunas ainda existentes no conhecimento geodésico do Território Brasileiro são o já citado pequeno número de conexões GPS/nivelamento e os “vazios gravimétricos” costeiro e amazônico. O primeiro refere-se às regiões contíguas à linha de costa, cujas pequenas profundidades impedem a realização de levantamentos gravimétricos marinhos, enquanto o segundo refere-se às imensas áreas na Região Norte sem qualquer infraestrutura rodoviária que permita a realização de gravimetria terrestre convencional. Para ambos os casos, a única solução é a realização de levantamentos aerogravimétricos (e. g., NGS, 2007). Particularmente no caso das estações da RMPG, é necessária uma significativa densificação de gravimetria e conexões GPS/nivelamento em seu entorno (ESA, 2013).

Por outro lado, as informações produzidas pelas estações da RMPG são úteis para diversas aplicações não geodésicas, tais como redução de sondagens para conservação e ampliação da capacidade de portos e vias navegáveis, implantação de infraestrutura (portos, rodovias, redes de água e esgoto etc) em regiões litorâneas e

estudo de possíveis medidas de adaptação e mitigação dos impactos da elevação global do nível do mar (e. g., KEYSERS et al., 2013). Assim, o IBGE disponibiliza, em seu portal na internet, arquivos com os dados diários das estações da RMPG, após crítica preliminar. Os resultados apresentados neste Relatório referem-se apenas à análise destas observações, i. e., à variação relativa do nível do mar nas estações da RMPG, com eventuais correções dos níveis de referência dos respectivos sensores – no caso de alterações da posição ou calibração instrumental –, mas ainda sem a correção da TNMM e dos movimentos verticais de origem não oceânica.

São apresentados e discutidos os procedimentos adotados para a análise das observações, o tratamento dos registros gráficos, o controle e vinculação dos respectivos níveis de referência e a atualização do gráfico comparativo entre as altitudes referidas ao DVB-I e aos NMM locais (ALENCAR, 1990).

2. A Rede Maregráfica Permanente para Geodésia

A materialização da RMPG teve início em meados de 2001, quando foram instalados marégrafos eletrônicos nas estações de Macaé (RJ) e Imbituba (SC), onde já se encontravam em operação equipamentos mecânicos convencionais (Figura 1). Tal redundância tem por objetivo possibilitar a detecção, e eventual correção, de derivas ou falhas em sensores individuais. Em Macaé, a operação do marégrafo mecânico diário da Petrobras foi iniciada pelo IBGE em novembro/1994, agregando outro marégrafo semelhante em novembro/1995; em 2007, eles foram substituídos por um marégrafo semanal. Em Imbituba, a Companhia Docas de Imbituba (CDI) iniciou a operação de um marégrafo mecânico semanal em 1998, mantendo-a até o presente. Um marégrafo eletrônico experimental desenvolvido pelo Laboratório de Instrumentação Oceânica (LIOc) da COPPE/UFRJ (LUZ, 1996, pp. iv, 31; CAVALCANTE, 2003), foi instalado em 1998 na estação de Macaé, e também em 2003 na estação de Salvador, mas a operação de longo prazo foi inviabilizada por dificuldades logísticas referentes à sua produção comercial.

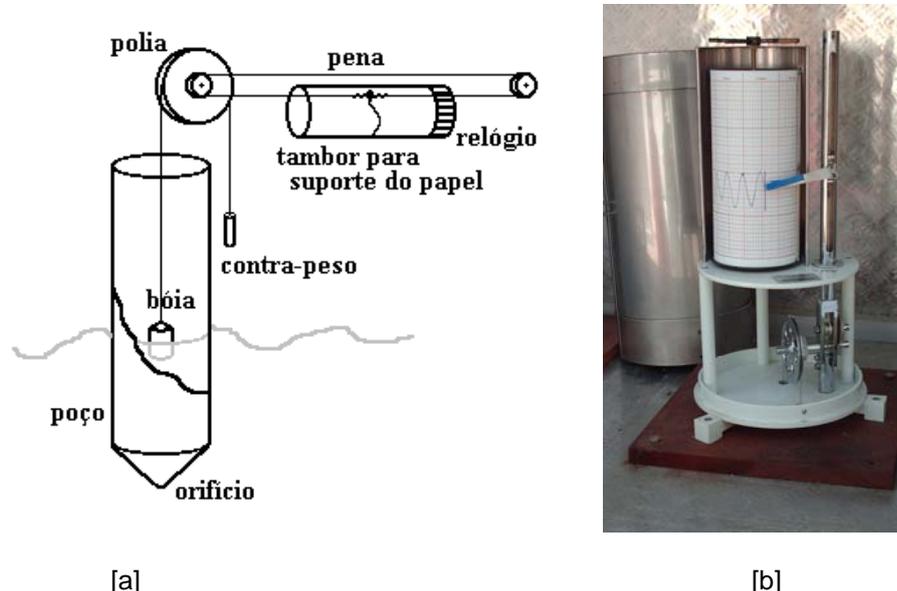


Figura 1 – Marégrafo convencional: [a] representação esquemática (adaptada de IOC, 1985, p. 13); [b] modelo utilizado na RMPG (Fonte: IBGE, 2010).

Depois de Macaé e Imbituba, as demais estações foram instaladas em intervalos aproximados de dois anos, conforme a configuração espacial (Figura 2) e instrumental originalmente estabelecida: Salvador (BA), cujos marégrafos foram instalados em dezembro/2002 (mecânico) e outubro/2004 (eletrônico); Santana (ambos: junho/2005);

e Fortaleza (setembro/2007; abril/2008). Para tanto, o IBGE contou com a cooperação de diversas instituições: Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil; Programa de Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Programa de Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR); Companhia Docas de Imbituba (CDI); Petróleo Brasileiro SA; Companhia Docas do Ceará (CDC); e Companhia Docas de Santana (CDSA).

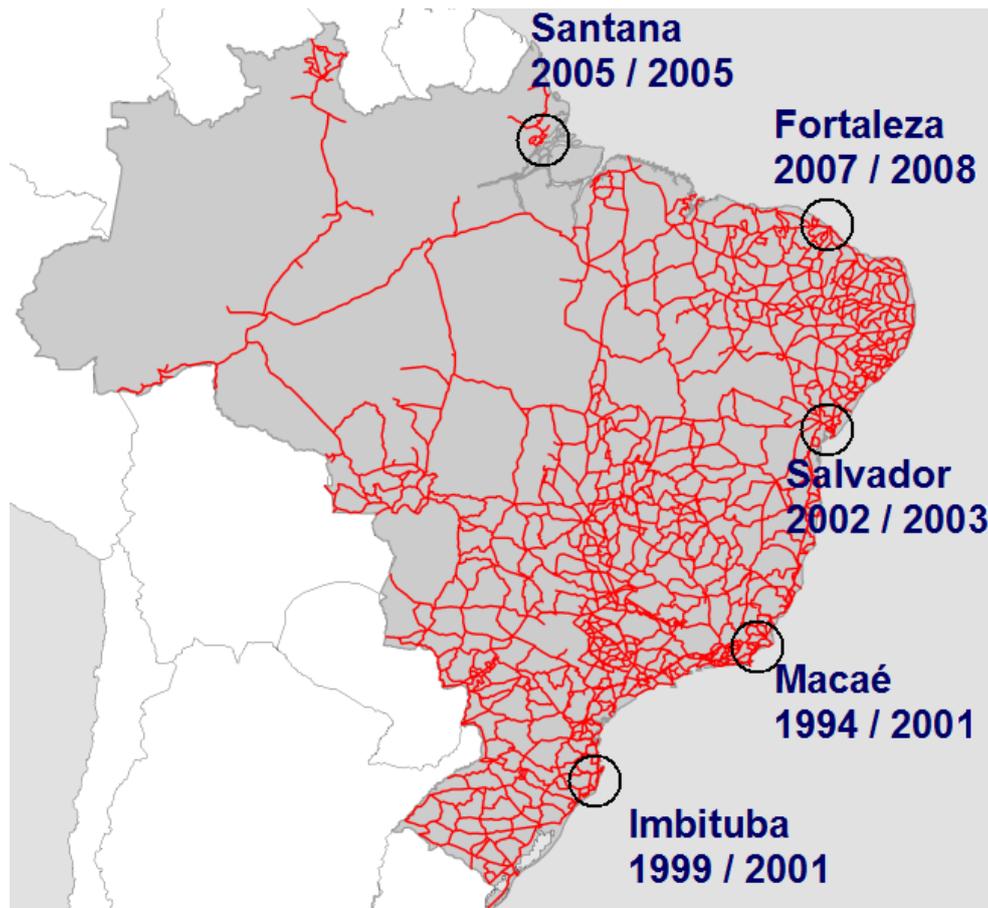


Figura 2 – Estações da RMPG e da Rede Altimétrica do SGB; as datas referem-se à instalação dos marégrafos convencionais e eletrônicos.

As estações de Macaé, Imbituba e Santana contam com sensores de pressão Druck/GE 1880 (Figura 3) controlados por *dataloggers* Squitter A1000, que coletam e registram informações de nível d'água com intervalo de 5 minutos. Mais recentemente (novembro de 2012), atendendo ao Plano Estratégico 2012-2015 (IBGE, 2013, p.43), a estação de Macaé recebeu um novo conjunto de equipamentos (*datalogger*, sensores pressão e *encoder*), que operarão concomitantemente aos instalados em 2001 até que uma rigorosa correlação entre as séries temporais seja estabelecida. Além da redundância no sub-sistema de coleta, este novo conjunto também apresenta

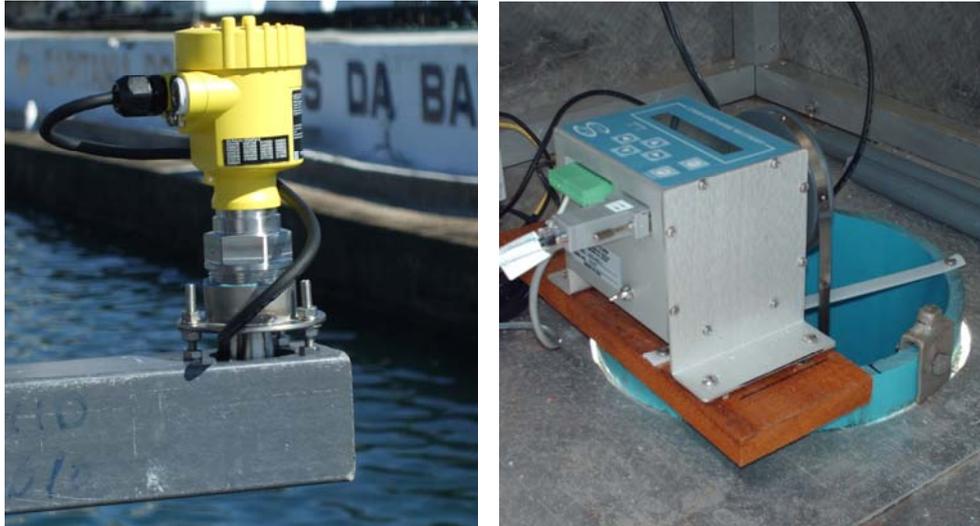
redundância nos sub-sistemas de energia (rede elétrica e painel solar) e comunicação (modems para linhas fixa e celular).



Figura 3 – Exemplo de sensor de pressão, observando-se o cabo preto que conecta o sensor ao dispositivo de desumidificação (não mostrado) e o cabo metálico que conecta este dispositivo ao datalogger.

As estações de Salvador e Fortaleza operam com sensores *radar* Vegapuls 62 e *encoder* Sutron SDR-1-1 (Figura 4) e um *datalogger* Sutron Satlink desde abril de 2008, também produzindo informações em intervalos de 5 minutos. Até essa data, a estação de Salvador operou com um sensor ultrassônico Aquatrak, com intervalo de coleta de 6 minutos. Ambas estações são equipadas, ainda, com sensores de calibração (*switches*) instalados aproximadamente na linha do nível médio, que registram não a variação integral do nível d'água, mas sim os momentos em que o NA intercepta aquela altura específica. Tal arranjo tem por objetivo a detecção de eventuais derivas instrumentais nos demais sensores de nível do mar.

Além dos marégrafos eletrônicos e mecânicos, todas as estações da RMPG possuem réguas de marés especiais (Figura 5), projetadas para operação de longo prazo sem necessidade de substituição freqüente, cujas leituras são essenciais para a vinculação das observações maregráficas às RRNN das estações. De modo a permitir uma fácil limpeza, sem implicar na necessidade de mergulho, a régua de PVC desliza entre um par de trilhos, com batente inferior para garantir a posição vertical, sendo facilmente içada por meio de cabo de aço atado a sua extremidade superior. Sua gravação é feita em baixo relevo preenchido com resina colorida, o que permite uma limpeza eficiente sem risco de perda da escala.



[a]

[b]

Figura 4 – Exemplos de sensores eletrônicos: [a] radar, Salvador; [b] conversor angular (“encoder”), Fortaleza. Observa-se também, em [b], o pino de nivelamento do poço de tranquilização onde se encontra o “encoder” (Fonte: IBGE, 2010).



[a]

[b]

[c]

[d]

Figura 5 – Exemplos de régua de marés no padrão RMPG, com os respectivos pinos de nivelamento, suportes laterais e cabos de içamento. Miras invar, posicionadas sobre os pinos durante seu nivelamento, também são visíveis em [a] e [c] (Fonte: IBGE, 2010).

Outra inovação importante nas estações da RMPG (exceto Imbituba) é a tampa cônica na extremidade inferior dos poços de tranquilização, que minimiza a influência de ondas e correntes sobre o nível d’água interno (e.g., LENNON, MITCHELL, 1992), além de minimizar o acúmulo de sedimentos e a conseqüente obstrução do poço.

Encontram-se em desenvolvimento outras soluções para aprimoramento dessa estrutura, por meio da instalação de hastes de desobstrução.

Informações mais detalhadas acerca de aspectos históricos e instrumentais da RMPG são apresentados em IBGE (2010) e Luz, Guimarães (2003).

As informações armazenadas nos *dataloggers* de todas as estações são transferidas por linha telefônica aos escritórios locais do IBGE e, daí, pela Rede IBGE, ao Centro de Controle da RMPG, no Rio de Janeiro. O controle do nível de referência das observações deve ser realizado trimestralmente por intermédio da comparação das mesmas com as leituras da régua de marés (“teste de Van de Castele”, MIGUEZ et al., 2008) e do nivelamento da régua com a estação GPS permanente e as demais referências de nível (RRNN) de cada estação da RMPG (controle geodésico de estação maregráfica, CGEM). Isso permite que os níveis médios resultantes sejam posteriormente referenciados a qualquer outro datum vertical, além de evitar que eventuais alterações da posição vertical dos equipamentos introduzam tendências ou desvios fictícios nos dados de nível do mar.

As relações entre os níveis de referência utilizados pelos diversos elementos de uma estação maregráfica são mostradas na Figura 6.

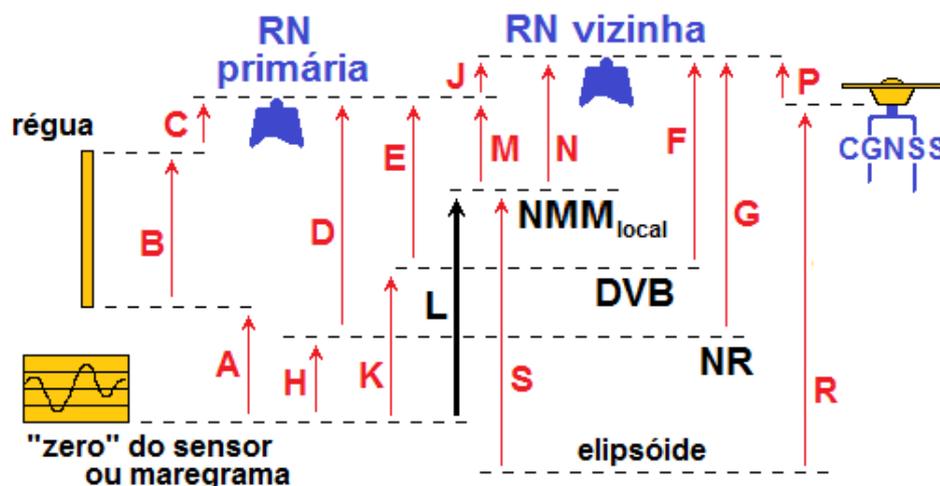


Figura 6 – Relações entre os níveis de referência em uma estação maregráfica.

Os elementos mostrados na Figura 6 são apresentados a seguir. Descrições detalhadas dos mesmos podem ser encontradas em IBGE (2009, 2010).

- A. Desnível entre os “zeros” dos marégrafos e da régua, resultante da aferição dos sensores (“teste van de Castele”)
- B. Leitura nominal do pino/topo da régua
- C. Desnível do pino/topo da régua até a RN primária (nivelamento geométrico da régua)
- D. Altura da RN primária acima do Nível de Redução (“NR”), informada pela DHN
- E. Altitude da RN primária referida ao Datum Vertical Brasileiro (DVB, Imbituba ou Santana), obtida no Banco de Dados Geodésicos (BDG) do IBGE
- F. Altitude da RN vizinha referida ao DVB (BDG)
- G. Altura da RN vizinha acima do NR, informada pela DHN
- H. Constante a ser subtraída das leituras do marégrafo para referenciá-las ao NR
- J. Desníveis entre as RRNN primária e vizinha (nivelamento de CGEM)
- K. Constante a ser subtraída das leituras do marégrafo para referenciá-las ao DVB
- L. Nível médio local obtido das leituras do sensor/maregrama, **foco do presente relatório**
- M. Altura da RN primária acima do nível médio local
- N. Altura da RN vizinha acima do nível médio local
- P. Desníveis entre as RRNN primária/vizinhas e o ponto de referência da estação de monitoramento CGNSS (nivelamento de CGEM)
- R. Altitude elipsoidal da estação CGNSS, resultante do processamento das respectivas observações com metodologia específica
- S. Altitude elipsoidal do nível médio local, obtida via nivelamento de CGEM.

3. Protocolos de processamento das observações

Para a realização das diversas etapas de tratamento das observações, discutidas nas próximas seções, foram utilizadas as seguintes soluções computacionais:

- a. PCDFormata: reformatação dos arquivos originais para elaboração dos gráficos de controle de qualidade preliminar e geração dos arquivos diários padronizados;
- b. CRITNM e SLPLAC: crítica e filtragem dos dados dos arquivos diários e geração dos arquivos anuais no formato SLPR2;
- c. Maregraf: desenvolvido inicialmente para gestão do acervo de registros gráficos (maregramas) dos marégrafos convencionais, posteriormente incorporou uma forma simplificada de correção da vetorização dos mesmos. Recentemente, o sistema foi reformulado, incorporando o tratamento das observações dos marégrafos eletrônicos e preparando-o para servir de base para a implementação de todos os demais processamentos necessários à RMPG;
- d. correção da vetorização dos maregramas: algoritmo implementado em ambiente de planilha eletrônica, para realizar as transformações de coordenadas necessárias à compatibilização das informações extraídas dos maregramas e as observações dos sensores eletrônicos; e
- e. SLPR2: conjunto de programas desenvolvido pela Universidade do Hawaii para análise de observações maregráficas (CALDWELL, 2001).

3.1. Controles de qualidade preliminares

Uma vez recebidas no Centro de Controle da RMPG, as observações brutas são, inicialmente, submetidas a um controle de qualidade simplificado, por meio de gráficos padronizados da variação de nível do mar observada por cada sensor e das diferenças entre eles e em relação aos níveis previstos (obtidos com o sistema SLPR2, conforme seção 3.3), de acordo com modelos implementados em planilha eletrônica. Exemplos são mostrados na Figura 7.

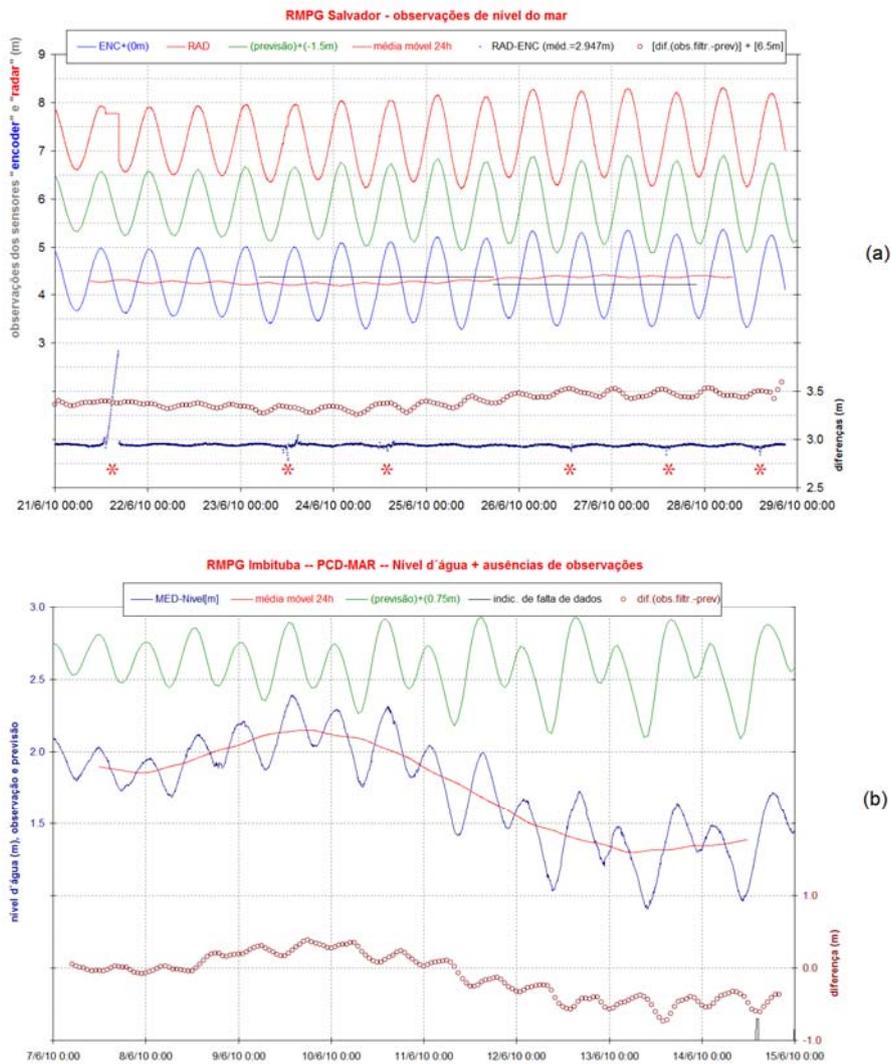


Figura 7 – Exemplos de gráficos para o controle de qualidade das observações.

Na Figura 7(a) observa-se facilmente um problema nas leituras do sensor radar de Salvador no dia 21/6/2010. O mesmo tipo de problema se manifesta, de modo mais discreto, em quase todos os outros dias. A análise das diferenças entre leituras dos diversos sensores permite uma detecção visual mais segura desse e de outros tipos de problema. Quando a estação dispõe de apenas um sensor eletrônico, a comparação com a previsão supre parcialmente tal função – desde que o “período padrão”, em que se baseiam os níveis previstos, seja composto de observações de boa qualidade. Além de servir à detecção de problemas, a comparação entre previsão e observação permite monitorar as eventuais influências meteorológicas sobre o NMM local, como também se observa na Figura 7(b) – cerca de 90 cm de variação em 3,5 dias (9-13/6/2010), em Ibituba. A escolha dos períodos apresentados nesta figura não foi casual, como se discute em seção posterior.

Após o controle de qualidade preliminar, são gerados arquivos diários padronizados, imediatamente disponibilizados na área de ftp público do sítio do IBGE na internet. Nos casos de falha instrumental, os arquivos diários são gerados diretamente a partir do tratamento dos registros gráficos, cujos procedimentos são descritos na seção 3.4.

Os arquivos diários padronizados constituíram o insumo básico para o reprocessamento apresentado e discutido neste Relatório.

3.2. Crítica e filtragem dos arquivos diários

A partir dos arquivos diários padronizados, já disponíveis na internet, foram aplicados os procedimentos descritos por Luz (2008, p.168-174). A ferramenta computacional desenvolvida por este autor foi corrigida e aprimorada, de modo a agilizar o processo de crítica dos dados nos arquivos diários e a preparação dos arquivos anuais necessários à utilização do sistema SLPR2. Novos aprimoramentos referentes a tolerâncias empíricas para rejeição de inconsistências e outras técnicas de detecção e remoção de *outliers* estão sendo avaliadas. Outro aspecto que também aguarda futuro desenvolvimento é a substituição da interpolação horária com *spline* cúbica pela filtragem baseada nas características espectrais específicas de cada série temporal (KALIL, 1999).

De modo a evitar a possível “contaminação” dos resultados preliminares deste Relatório pela inclusão de dados correspondentes a frações do ciclo anual de maré, o período comum de operação das estações foi definido com um número inteiro de anos, de maio/2008 a abril/2013. No entanto, todas as observações disponíveis foram submetidas ao reprocessamento descrito a seguir.

3.3. Análise harmônica

As observações horárias, obtidas na etapa anterior por interpolação dos dados nos arquivos diários (intervalos de 5, 6 ou 60 minutos), e organizadas em arquivos anuais, foram submetidas ao sistema SLPR2, de acordo com os procedimentos mencionados anteriormente (LUZ, 2008, p.168-174). Inicialmente, foi realizada a análise harmônica de maré para cada ano de observações, em cada estação da RMPG. Em seguida, as componentes harmônicas assim determinadas serviram de

base à previsão da maré para o mesmo período e o cálculo dos respectivos resíduos. A análise dos conjuntos anuais de resíduos permitiu selecionar o ano com observações mais consistentes, que serviram de base para o cálculo de uma nova previsão de maré para todo o período de trabalho, gerando, conseqüentemente, um conjunto homogêneo de resíduos – diferente, portanto, da comparação preliminar entre observações e previsão mencionada na seção 3.1. Os resíduos homogêneos para o período comum de operação são mostrados nas Figuras 8 e 9.

Observa-se que os resultados da utilização do sistema SLPR2 com os dados da estação de Santana apresentam qualidade significativamente inferior aos das demais estações da RMPG. Tais dificuldades são atribuídas à inadequação do SLPR2 para o tratamento da maré com forte influência da vazão fluvial – o próprio Rio Amazonas, no caso da estação de Santana. Outro sistema computacional para processamento e análise de dados de maré (o PACMARÉ, descrito por FRANCO, 2009) já está disponível para utilização na RMPG, com início de testes programado para 2014. Espera-se que a utilização do PACMARÉ também permita um sensível aprimoramento da análise harmônica e, portanto, da própria previsão de maré, por meio da análise de longas séries temporais, pois o SLPR2 impõe o limite de 12 meses para este processo.

Assim, os resultados preliminares apresentados neste Relatório não incluem informações referentes à estação da RMPG em Santana, AP.

Também nas Figuras 8 e 9, foi assinalada a ocorrência de um significativo rebaixamento do NMM em junho de 2010, em Imbituba e Salvador. Tal rebaixamento também pode ser constatado nos gráficos da Figura 7, mas o pequeno período considerado nestes últimos impede a correta apreciação desse tipo de evento. Esta constatação reforça a necessidade de inclusão de outros gráficos, com períodos maiores (como 30 dias e 6 meses), naquele controle de qualidade inicial.

A respeito daquela alteração extrema do NMM, é importante ressaltar que constitui apenas um exemplo da grande variabilidade de curto prazo do NMM nas estações de Imbituba e Macaé, como já mencionado por Luz e Guimarães (2003).

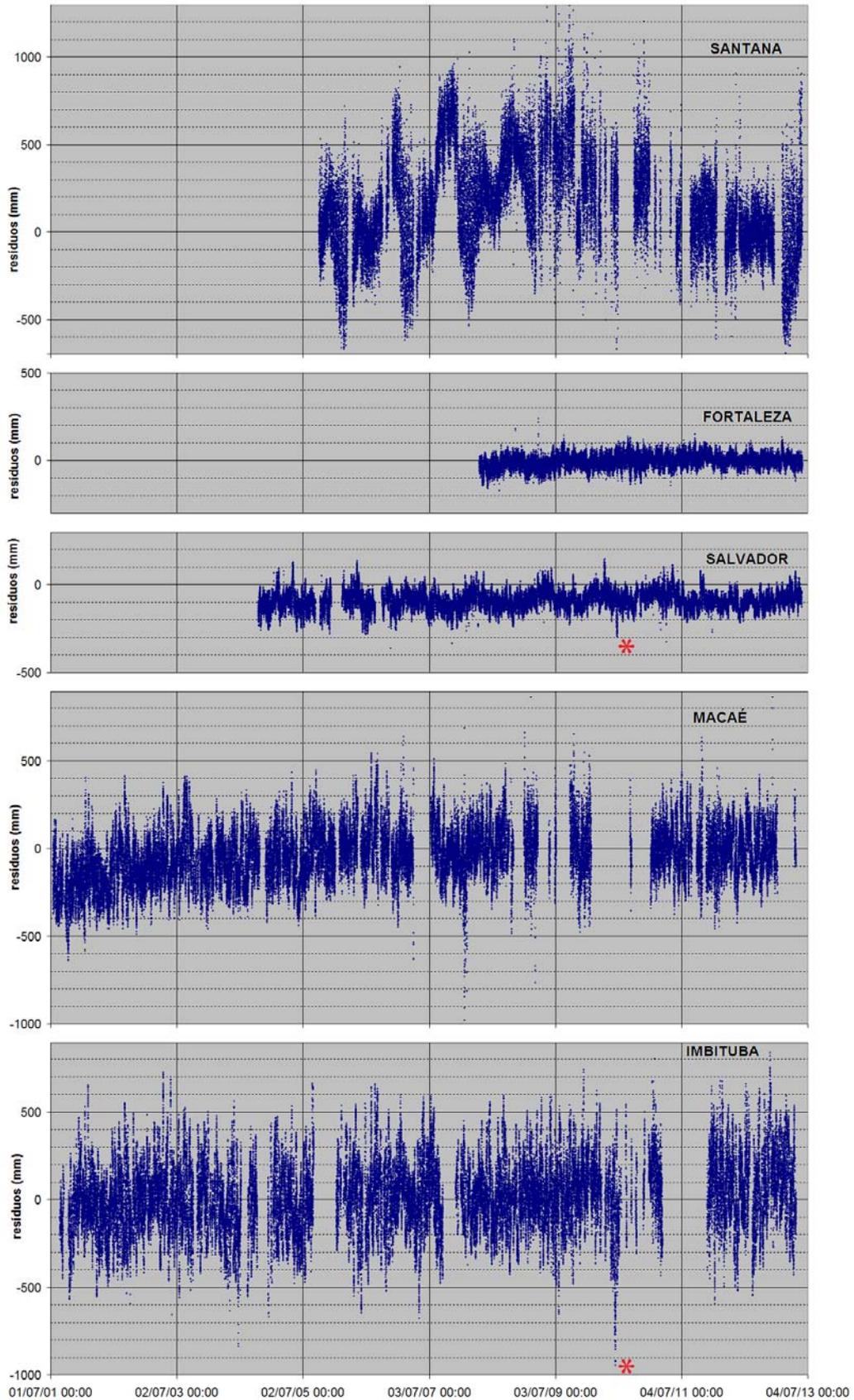


Figura 8 – Resíduos homogêneos, isto é, diferenças entre níveis observados e respectivas previsões a partir dos conjuntos anuais com melhores resultados na análise harmônica. As lacunas observadas nas séries temporais serão preenchidas com as informações extraídas dos maregramas.

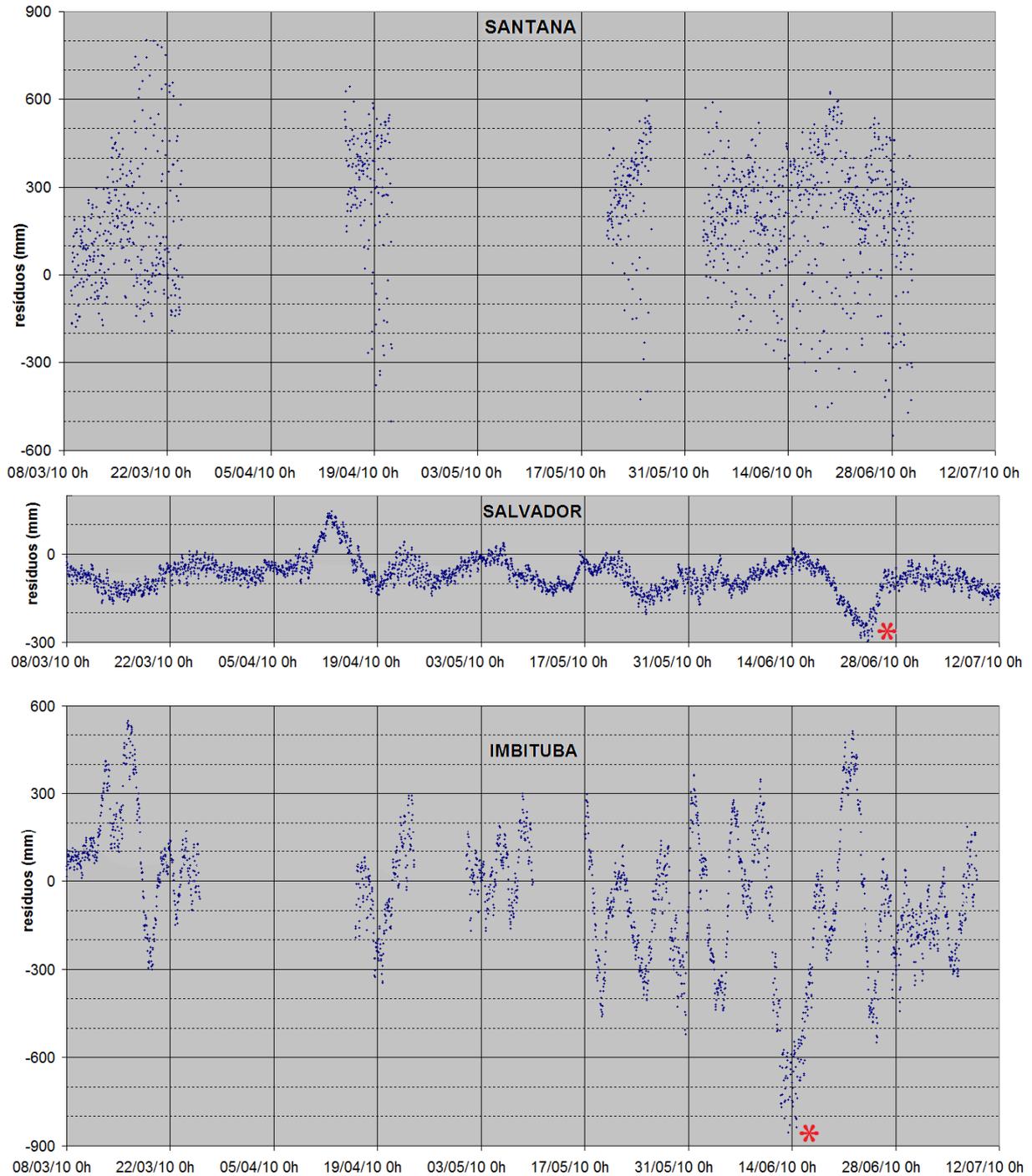


Figura 9 – Exemplos de comportamento dos resíduos homogêneos, observando-se a consistência dos mesmos para as estações de Salvador e Imbituba (com significativas influências meteorológicas nesta última) e, por outro lado, a grande dispersão dos resíduos no caso de Santana.

Com base nos “resíduos homogêneos”, são rejeitadas as observações horárias inconsistentes. Para preenchimento das lacunas existentes nas séries temporais resultantes, deverão ser utilizadas, preferencialmente, as informações extraídas dos registros gráficos dos marégrafos convencionais ou, na falta dos mesmos, a previsão baseada na análise harmônica e corrigida com as estimativas de maré meteorológica

no início e no final de cada lacuna, desde que as lacunas sejam de poucos dias (seção 3.6).

3.4. Conversão de registros gráficos

Para permitir a efetiva utilização das observações gráficas redundantes, produzidas pelos marégrafos convencionais, foi desenvolvido modelo matemático específico para a correlação entre elas e as respectivas observações dos sensores eletrônicos. No entanto, é necessária uma solução computacional otimizada para o processamento de informações de nível do mar que viabilize o tratamento de todo o acervo de maregramas produzidos pelas estações da RMPG. Foram priorizados os períodos de longa interrupção da operação dos sensores eletrônicos nas estações de Macaé e Santana, mas, ainda assim, algumas lacunas significativas aguardam a continuação do tratamento das informações da RMPG após a publicação deste Relatório.

O modelo matemático baseia-se em três sistemas de referência para as informações registradas graficamente. O primeiro é o sistema “imagem”, definido pela matriz de pontos do arquivo resultante da conversão do maregrama para meio digital (“rasterização” ou “scannerização”). O segundo sistema refere-se à escala impressa nos próprios maregramas (0-8 dias, 0-20 cm), enquanto o sistema “real” refere-se às observações do sensor utilizado como padrão a ser “reproduzido” pelas leituras extraídas dos maregramas. Tal separação permite um controle explícito dos fatores de escala nominais usualmente utilizados nos marégrafos mecânicos (materializados por meio da marcha do relógio e das engrenagens de redução). Após a conversão para meio digital, é realizada a vetorização do registro gráfico de variação do nível do mar, i.e., a extração de coordenadas cartesianas de pontos específicos da imagem digital. Em seguida, às coordenadas vetorizadas são aplicadas correções referentes à rotação da imagem e às escalas (eixos horizontal e vertical) envolvidas nas duas transformações sucessivas: preliminar (imagem-nominal) e complementar (nominal-real). Por fim, considerando que a escolha dos pontos extraídos na etapa da vetorização é governada pela necessidade de representação da curva, gerando intervalos irregulares, deve-se proceder à interpolação dos valores de nível do mar correspondentes ao intervalo padronizado.

A utilização do sistema “nominal” permite que a rotação da imagem seja corrigida de modo independente do registro do nível do mar, evitando sua contaminação por eventuais erros instrumentais ou de operação do mareógrafo. Além disso, permite corrigir possíveis desvios em relação aos fatores de escala nominais – definidos pelas engrenagens, no caso das alturas, e 1:1, no caso dos tempos. Tais desvios são modelados por meio de parâmetros “empíricos”, introduzidos na correção complementar (nominal-real). A determinação dos parâmetros empíricos deve ser realizada por meio da comparação dos valores finais de nível do mar (após a interpolação) com os respectivos valores oriundos dos sensores eletrônicos da estação maregráfica. Como exemplo, resultados para a estação de Macaé em 2008 são apresentados na Tabela 1, na qual se observa que os valores efetivos de translação e escala para as alturas (eixo vertical) – respectivamente, -1,03 m e 1:21,5 (0,215 m/cm) –, apesar de minimizarem a diferença média em relação às observações do sensor primário, não têm benefício palpável sobre a dispersão das diferenças. Para um dos maregramas testados (27/10/2008), houve mesmo uma degradação dos resultados. A Figura 10 mostra os detalhes para esse maregrama.

Tabela 1 – Exemplos de parâmetros empíricos para a correção da vetorização de maregramas, cuja determinação foi orientada à minimização das diferenças entre as observações registradas graficamente e as leituras do sensor primário.

maregrama	escala vertical (m/cm)	correção empírica da escala vertical (m/cm)	origem (m)	correção empírica da origem (m)	diferença média entre maregrama e sensor (m)	RMS (m)
MAC_2008-09-29	0.200	0	-1.000	0	-0.137	0.054
MAC_2008-10-06	0.200	0	-1.000	0	-0.141	0.035
MAC_2008-10-20	0.200	0	-1.000	0	-0.135	0.048
MAC_2008-10-27	0.200	0	-1.000	0	-0.066	0.072
MAC_2008-11-03	0.200	0	-1.000	0	-0.149	0.097
MAC_2008-09-29	0.200	0.015	-1.000	-0.03	0.002	0.049
MAC_2008-10-06	0.200	0.015	-1.000	-0.03	0.004	0.035
MAC_2008-10-20	0.200	0.015	-1.000	-0.03	0.000	0.039
MAC_2008-10-27	0.200	0.015	-1.000	-0.03	0.080	0.067
MAC_2008-11-03	0.200	0.015	-1.000	-0.03	-0.007	0.106

O modelo matemático citado foi aplicado à estação de Macaé, para o período de novembro de 2008 a janeiro de 2010, e à estação de Santana, de março de 2009 a maio de 2011, quando os equipamentos eletrônicos apresentaram problemas. Similarmente aos dados dos sensores primários, foram gerados arquivos diários, com observações em intervalos de 60 minutos.

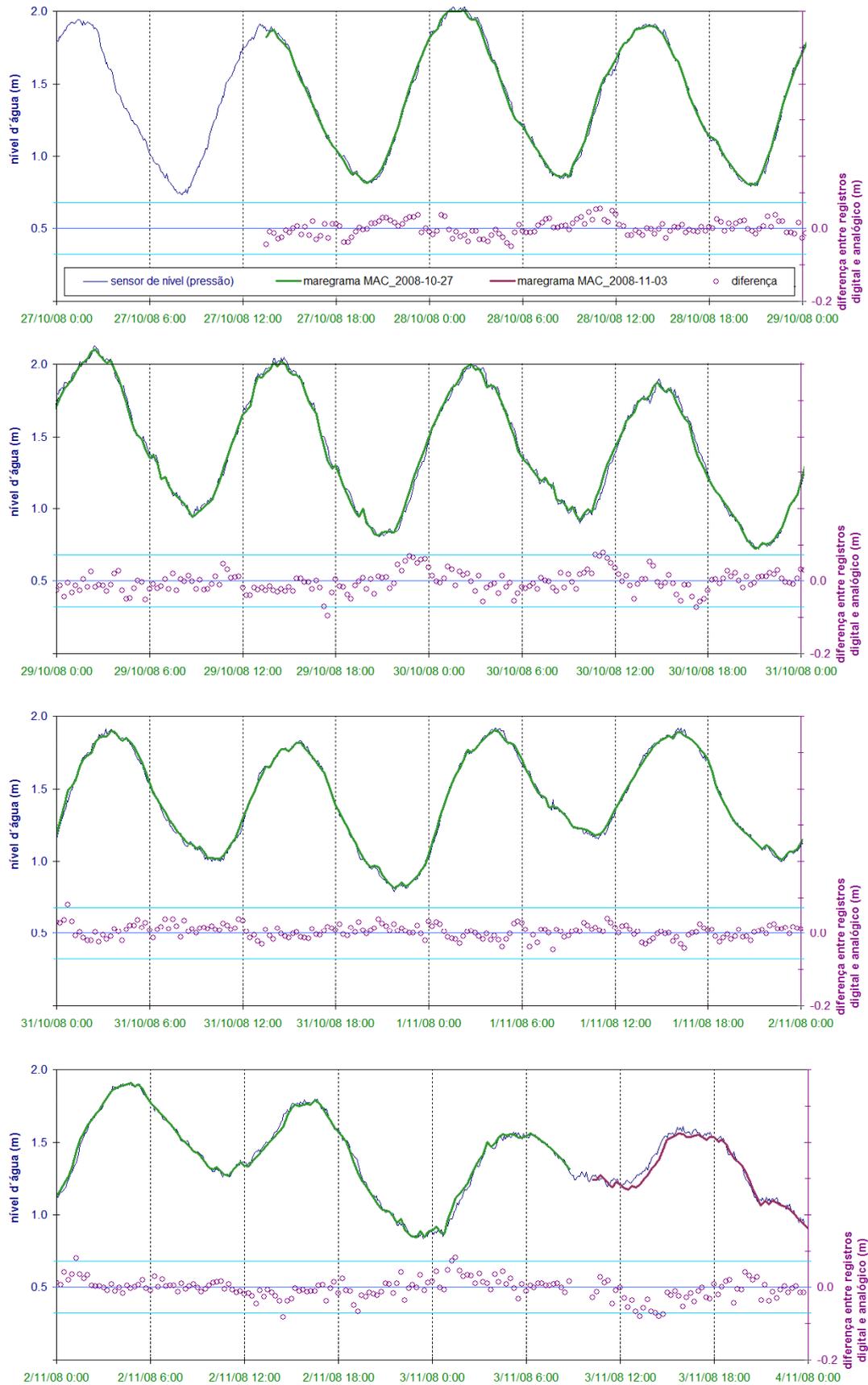


Figura 10 – Exemplo de comparação entre observações do sensor primário da estação de Macaé e dados decorrentes da correção da vetorização do respectivo maregrama.

3.5. Monitoramento da estabilidade métrica dos sensores eletrônicos

Em 2007, o IBGE realizou uma divulgação preliminar das taxas de elevação do NMM nas estações da RMPG em Imbituba e Macaé (IBGE, 2007), em que foi atribuído, para Macaé, um valor aproximadamente 10 vezes maior que a média global de 3,2 mm/ano (NEREM et al., 2010). A necessária investigação das possíveis causas de tal anomalia foi prejudicada pela ausência do controle CGNSS nesta estação. Posteriormente, foi estabelecida uma hipótese alternativa, baseada em relatos sobre a ocorrência de deriva instrumental em sensores de pressão hidrostática (e. g., ROSENBERRY, 1990; IOC, 1993; POST, VON ASMUTH, 2013). A confirmação desta hipótese foi objeto de estudo desenvolvido a partir da comparação das leituras do sensor de pressão com as respectivas leituras da régua de marés (SANTOS, 2010). Observa-se, na Figura 11, que as diferenças entre esses dois conjuntos de leituras mostram significativo incremento entre 2001 e 2008, compatível com o comportamento das próprias leituras do sensor de pressão, refletido na Figura 8. A Figura 11 também mostra os valores assumidos pela função exponencial preliminar, obtida por ajustamento das diferenças, para correção das observações individuais. A definição do tipo mais adequado de função e sua aplicação aos dados de todas as estações, serão realizados a partir de 2014, com a incorporação de rotinas específicas ao sistema Maregraf.

3.6. Consolidação e unificação das séries temporais em cada estação

A integração de observações de diferentes sensores exige a unificação de seus níveis de referência e, como discutido na seção anterior, a eventual correção de derivas instrumentais. Mesmo considerando observações de um mesmo sensor, podem ocorrer alterações da sua posição vertical (por necessidade de manutenção da estrutura de suporte, por exemplo) ou do respectivo nível de referência (e. g., por problema eletrônico no *datalogger*), que devem ser adequadamente corrigidas.

No caso das estações de Salvador e Fortaleza, dotadas de dois sensores eletrônicos independentes, a integração das respectivas observações tornou possível a obtenção de uma série unificada com alto grau de integridade, como se observa na Figura 8. Nas estações de Imbituba e Macaé, algumas lacunas ainda não puderam ser preenchidas com dados dos respectivos maregramas, como discutido anteriormente.

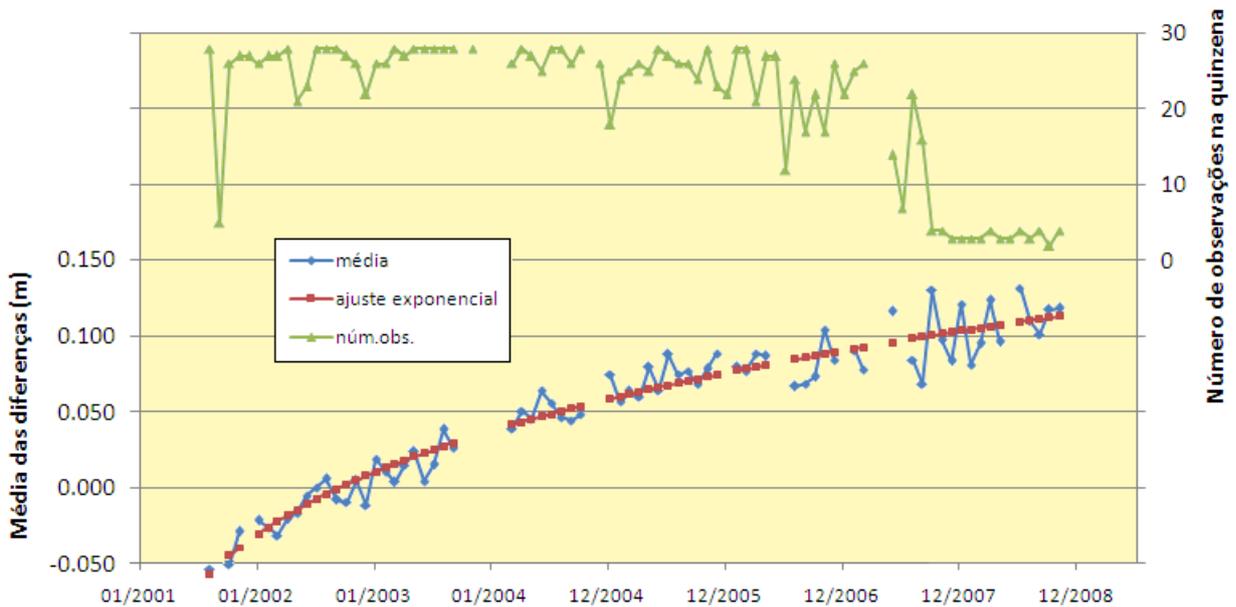


Figura 11 – Médias quinzenais das diferenças entre leituras do sensor de pressão e da régua na estação de Macaé. Até 2007, havia um marégrafo convencional diário, cuja operação resultava em duas leituras diárias da régua; a partir de 2007, a operação do marégrafo convencional semanal reduziu drasticamente o número de leituras de régua disponíveis para aferição do sensor primário.

A fim de minimizar o impacto das pequenas lacunas (até 5 dias) nos resultados preliminares, foi utilizada uma rotina de preenchimento das mesmas (SLPLAC) com base na utilização da previsão de maré, corrigida de eventuais variações de curto prazo do NMM (LUZ, 2008, p.168-174). Além disso, nesta rotina também é realizada a filtragem das componentes de alta frequência do sinal de maré, com o filtro de 168 horas, como preparação para o cálculo das médias mensais, conforme Pugh (1987, p.303). Para a continuação do reprocessamento, após a publicação deste Relatório preliminar, é recomendável uma avaliação dos impactos da possível utilização de filtros de menor abrangência, que implicam em menores perdas de informação junto às lacunas.

Em seguida, as médias mensais deveriam ser corrigidas das eventuais alterações da posição vertical da respectiva estação maregráfica. Para tanto, são necessárias as informações derivadas do controle geodésico.

3.7. Controle geodésico e correção de efeitos não-oceânicos

A implementação da metodologia de CGEM concebida para a RMPG (IBGE, 2010) teve início em 2009, na estação de Santana. Desde então, circuitos de nivelamento de CGEM conectando os sensores maregráficos aos equipamentos CGNSS (RBMC) foram estabelecidos em todas as estações, de acordo com o esquema genérico mostrado na Figura 12.

As distâncias entre as estações RMPG e RBMC são: 650m (Imbituba); 150m (Salvador); 600m (Fortaleza); e 140m (Santana). A fim de minimizar a falta de uma estação da RBMC junto aos sensores maregráficos de Macaé, foram estabelecidos pontos SAT coincidentes com as RRNN dos circuitos de nivelamento dessa estação.

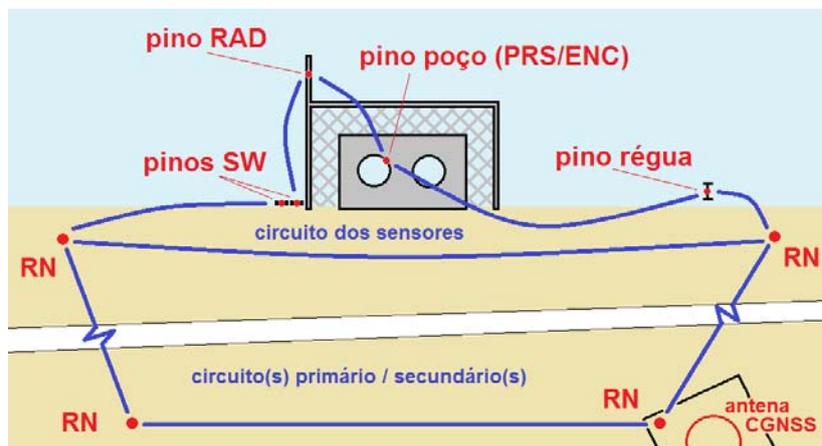


Figura 12 – Modelo esquemático do controle geodésico utilizado nas estações da RMPG, com os pontos de controle dos suportes dos sensores (RAD: *radar*; ENC: *encoder*; PRS: *pressão*; SW: *switches* de calibração), as RRNN primárias (situadas a até 30m dos sensores) e a RN na base do pilar CGNSS.

Os nivelamentos de CGEM realizados até o momento permitem a vinculação entre régua de marés e RRNN do SGB em todas as estações e, portanto, a obtenção de valores preliminares das respectivas alturas em relação ao NMM local “bruto” – “M” e “N” na Figura 6. No entanto, aqueles resultados ainda não são suficientes para analisar e corrigir eventuais alterações da posição vertical dos sensores, etapa primordial para a determinação de taxas confiáveis de elevação do NMM, a partir das médias mensais corrigidas. No caso da estação de Salvador, por exemplo, os resultados tanto do monitoramento CGNSS quanto do nivelamento de CGEM mostram indícios de movimentos verticais do quebra-mar, que poderiam introduzir tendências fictícias na série temporal de nível do mar. A Figura 13 apresenta a variação da altitude elipsoidal da estação SSA1 da RBMC, instalada a 150m dos sensores maregráficos,

observando-se uma tênue tendência de elevação, cuja apreciação é dificultada pelo rebaixamento de aproximados 2cm em 17/04/2011 decorrente da alteração do sistema de referência, de IGS05 para IGS08 (REBISCHUNG et al., 2012). Por outro lado, a comparação entre os nivelamentos de CGEM realizados em 2004, 2010 e 2013 (Figura 14) mostra um possível recalque de 0,4mm/ano do quebra-mar em relação ao pier onde se encontram instalados os sensores. A conformação dos circuitos de CGEM da estação de Salvador é mostrada na Figura 15.

Assim, os resultados preliminares apresentados no próximo capítulo limitam-se às médias mensais não corrigidas.

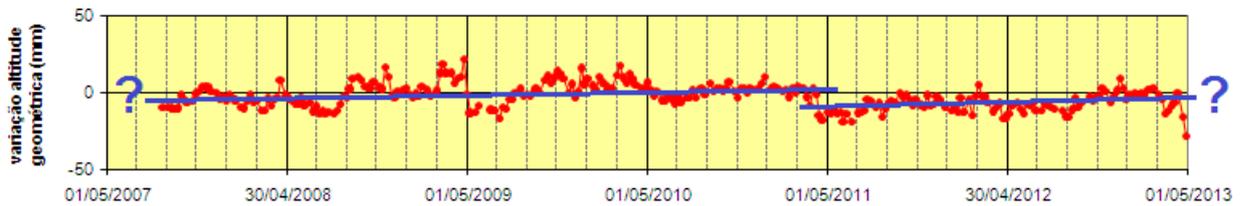


Figura 13 – Variação da altitude elipsoidal da estação SSA1 da RBMC, situada a 150m dos sensores maregráficos da estação da RMPG em Salvador, explicitando-se a indefinição dessa taxa de variação, em função da descontinuidade da série temporal decorrente da mudança de sistema de referência.

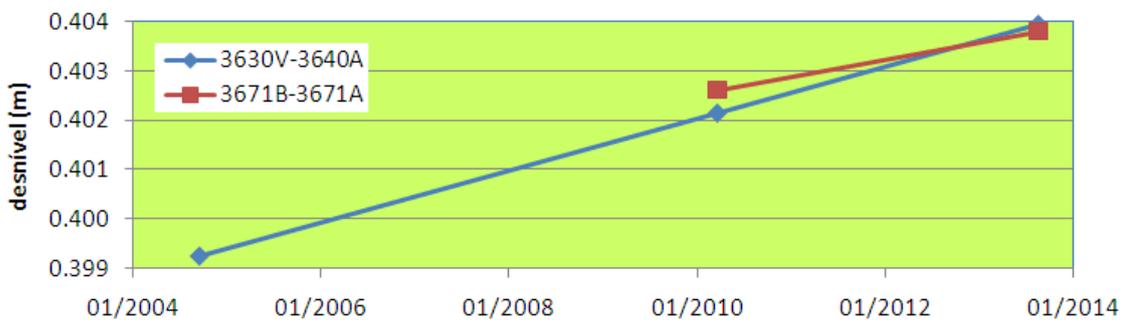


Figura 14 – Variação dos desníveis observados com nivelamento geométrico entre as RRNN primárias da estação da RMPG em Salvador.

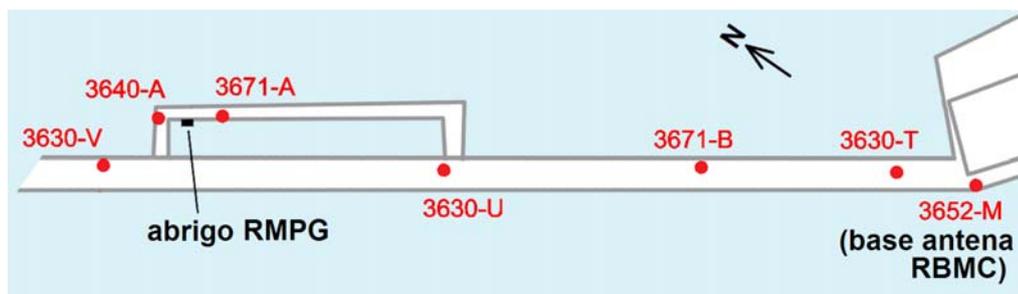


Figura 15 – Estações de CGEM da RMPG em Salvador.

4. Resultados preliminares

Como descrito anteriormente, os arquivos diários com observações de nível do mar a cada 5 ou 6 minutos (ou ainda 60 minutos, em alguns casos), disponíveis na internet, serviram de base para a obtenção de arquivos anuais com informações horárias. A partir destes últimos, as pequenas lacunas foram preenchidas e, em seguida, as séries temporais resultantes foram suavizadas com um filtro de 168 horas, para a obtenção das médias mensais não corrigidas apresentadas na Tabela 2 e na Figura 16.

Tabela 2 – Níveis médios mensais e do período comum, sem correção de eventuais derivas instrumentais e movimentos verticais de origem não oceânica.

mês	médias mensais não corrigidas			
	Fortaleza	Salvador	Macaé	Imbituba
07/2001	-x-	-x-	1,359	-x-
08/2001	-x-	-x-	1,123	-x-
09/2001	-x-	-x-	-x-	-x-
10/2001	-x-	-x-	1,135	-x-
11/2001	-x-	-x-	1,291	1,746
12/2001	-x-	-x-	1,277	1,769
01/2002	-x-	-x-	1,291	1,713
02/2002	-x-	-x-	1,335	1,795
03/2002	-x-	-x-	1,263	-x-
04/2002	-x-	-x-	1,288	1,821
05/2002	-x-	-x-	1,314	1,832
06/2002	-x-	-x-	1,364	1,903
07/2002	-x-	-x-	1,359	1,850
08/2002	-x-	-x-	1,300	1,797
09/2002	-x-	-x-	1,302	1,778
10/2002	-x-	-x-	1,290	1,769
11/2002	-x-	-x-	1,307	1,732
12/2002	-x-	-x-	1,302	1,719
01/2003	-x-	-x-	1,366	1,757
02/2003	-x-	-x-	1,317	1,832
03/2003	-x-	-x-	1,344	1,861
04/2003	-x-	-x-	1,457	1,965
05/2003	-x-	-x-	1,475	2,010
06/2003	-x-	-x-	1,436	1,914
07/2003	-x-	-x-	1,397	1,901
08/2003	-x-	-x-	1,446	1,883
09/2003	-x-	-x-	1,341	1,754
10/2003	-x-	-x-	1,356	-x-
11/2003	-x-	-x-	1,345	1,772
12/2003	-x-	-x-	1,341	1,789
01/2004	-x-	-x-	1,387	1,737
02/2004	-x-	-x-	1,432	1,796
03/2004	-x-	-x-	1,405	1,773
04/2004	-x-	-x-	1,373	1,750
05/2004	-x-	-x-	1,482	1,916

06/2004	-x-	-x-	1,388	1,769
07/2004	-x-	-x-	1,355	-x-
08/2004	-x-	-x-	1,335	1,876
09/2004	-x-	-x-	1,314	1,754
10/2004	-x-	7,249	-x-	-x-
11/2004	-x-	7,235	-x-	-x-
12/2004	-x-	-x-	1,362	-x-
01/2005	-x-	7,254	1,405	1,799
02/2005	-x-	-x-	1,391	1,748
03/2005	-x-	7,270	1,421	1,832
04/2005	-x-	7,321	1,463	1,937
05/2005	-x-	7,335	1,427	1,851
06/2005	-x-	7,287	1,337	1,778
07/2005	-x-	7,263	1,412	1,882
08/2005	-x-	7,250	1,382	1,823
09/2005	-x-	-x-	1,396	-x-
10/2005	-x-	7,226	1,430	-x-
11/2005	-x-	7,245	1,373	-x-
12/2005	-x-	-x-	1,451	-x-
01/2006	-x-	-x-	-x-	-x-
02/2006	-x-	7,274	1,458	-x-
03/2006	-x-	7,283	1,444	1,871
04/2006	-x-	7,343	1,523	1,946
05/2006	-x-	7,379	-x-	1,986
06/2006	-x-	7,278	1,498	-x-
07/2006	-x-	7,254	1,513	1,865
08/2006	-x-	7,257	1,455	1,900
09/2006	-x-	-x-	-x-	1,924
10/2006	-x-	-x-	1,401	1,697
11/2006	-x-	-x-	-x-	1,771
12/2006	-x-	7,210	1,375	1,724
01/2007	-x-	7,226	1,444	1,852
02/2007	-x-	7,270	1,419	1,788
03/2007	-x-	7,280	1,377	1,822
04/2007	-x-	7,311	-x-	1,856
05/2007	-x-	7,350	-x-	1,985
06/2007	-x-	7,307	-x-	1,997
07/2007	-x-	7,268	1,608	2,081
08/2007	-x-	7,269	1,428	1,815
09/2007	-x-	7,214	1,291	1,576
10/2007	-x-	7,222	1,332	-x-
11/2007	-x-	7,216	1,432	-x-
12/2007	-x-	7,216	1,412	-x-
01/2008	-x-	7,239	1,313	1,791
02/2008	-x-	7,256	1,412	1,763
03/2008	-x-	7,306	1,443	1,782
04/2008	-x-	7,293	1,542	1,981
05/2008	6,316	7,344	1,566	1,974
06/2008	6,293	7,308	1,534	1,957
07/2008	6,308	7,269	1,412	1,794
08/2008	6,319	7,238	1,422	1,869
09/2008	6,346	7,250	1,474	1,825
10/2008	6,332	7,226	-x-	1,757
11/2008	6,338	7,244	-x-	1,673
12/2008	6,328	7,234	-x-	1,771
01/2009	6,299	7,237	1,435	1,772
02/2009	6,329	7,262	1,429	1,825

03/2009	6,324	7,304	1,512	1,889
04/2009	6,313	7,354	-x-	1,947
05/2009	6,322	7,388	-x-	1,965
06/2009	6,330	7,355	-x-	1,965
07/2009	6,334	7,276	1,581	1,938
08/2009	6,358	7,273	1,442	1,791
09/2009	6,338	7,229	1,484	1,857
10/2009	6,351	7,277	1,482	1,803
11/2009	6,337	7,233	1,401	1,784
12/2009	6,327	7,237	1,468	1,857
01/2010	6,313	7,267	1,489	-x-
02/2010	6,335	7,298	-x-	1,877
03/2010	6,346	7,301	-x-	1,922
04/2010	6,357	7,363	-x-	-x-
05/2010	6,342	7,345	-x-	1,792
06/2010	6,348	7,312	-x-	1,815
07/2010	6,351	7,281	-x-	-x-
08/2010	6,363	7,270	-x-	-x-
09/2010	6,350	7,238	-x-	-x-
10/2010	6,339	7,255	-x-	-x-
11/2010	6,335	7,296	-x-	-x-
12/2010	6,346	7,280	-x-	-x-
01/2011	6,338	7,284	1,418	1,923
02/2011	6,359	7,295	1,412	1,862
03/2011	6,353	7,301	1,469	-x-
04/2011	6,366	7,338	1,526	-x-
05/2011	6,335	7,382	1,576	-x-
06/2011	6,355	7,332	1,525	-x-
07/2011	6,352	7,281	1,442	-x-
08/2011	6,356	7,236	1,464	-x-
09/2011	6,362	7,244	-x-	-x-
10/2011	6,364	7,261	1,363	-x-
11/2011	6,371	7,279	-x-	-x-
12/2011	6,358	-x-	1,451	1,893
01/2012	6,342	7,241	1,418	1,826
02/2012	6,339	7,214	1,403	1,889
03/2012	6,341	7,252	1,460	1,907
04/2012	6,376	7,320	1,546	2,043
05/2012	6,354	7,322	1,449	1,840
06/2012	6,331	7,276	1,548	2,021
07/2012	6,348	7,289	1,506	2,019
08/2012	6,361	7,259	1,329	1,736
09/2012	6,328	7,231	1,384	1,878
10/2012	6,355	7,242	1,376	1,877
11/2012	6,339	7,254	1,452	2,000
12/2012	6,334	7,238	1,521	1,855
01/2013	6,335	7,259	1,566	1,874
02/2013	6,362	7,260	1,534	1,910
03/2013	6,364	7,304	1,412	1,901
04/2013	6,343	7,349	1,422	1,953
média 2001-2013	-x-	-x-	1,407	1,805
média 2004-2013	-x-	7,278	1,443	1,869
média 2008-2013	6,341	7,281	1,464	1,875

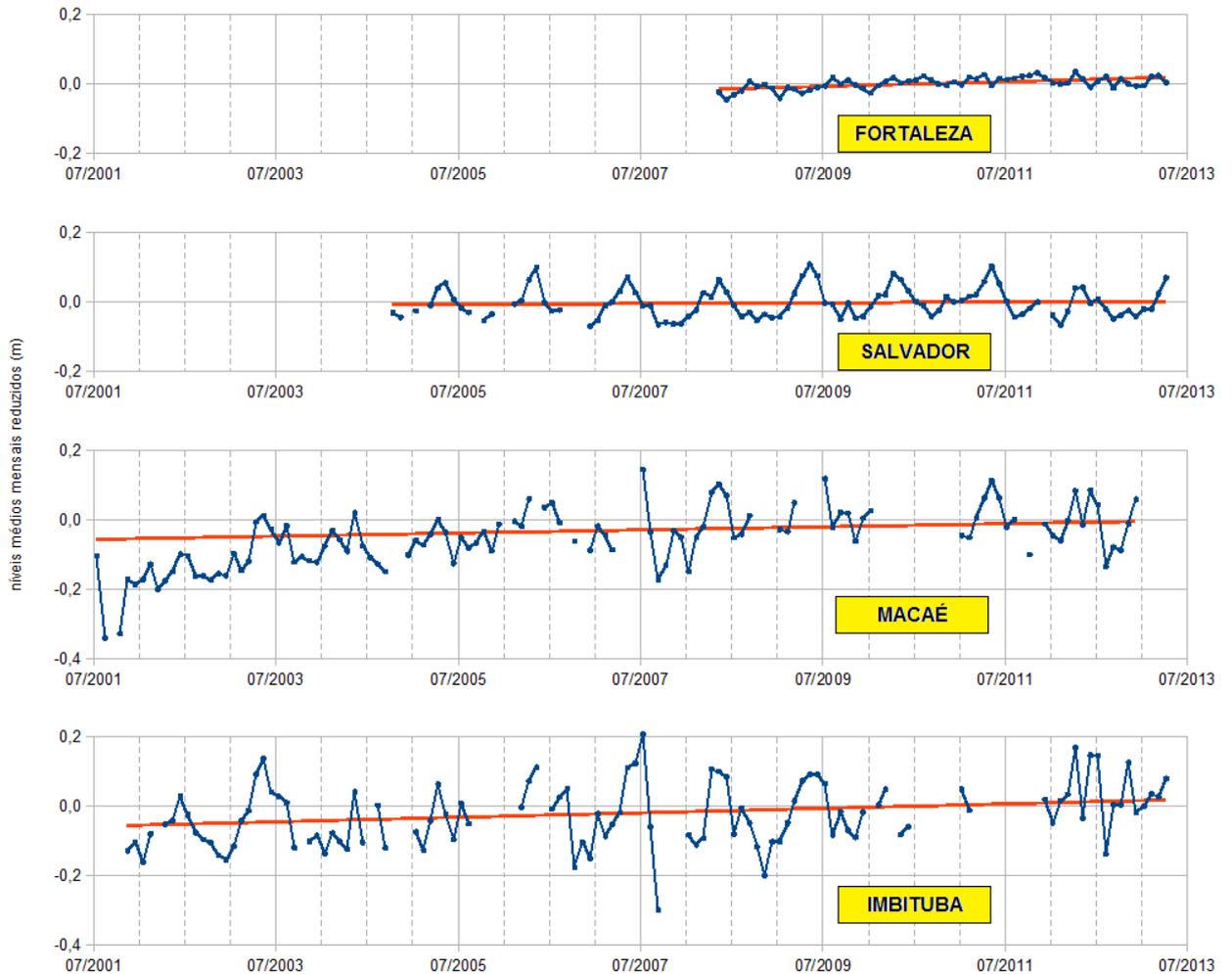


Figura 16 – Níveis médios mensais.

Observa-se que as informações referentes a Fortaleza apresentam a menor variabilidade sazonal, a despeito do fato de ser esta a estação da RMPG com a maior amplitude de maré registrada. No entanto, tais informações mostram uma elevação anômala, significativamente superior à média global. O mesmo tipo de aparente elevação do NMM está presente nas informações referentes a Macaé e Imbituba. É essencial que as observações de CGEM já realizadas sejam analisadas, e que novas observações sejam realizadas com a periodicidade recomendada, a fim de confirmar uma possível subsidência dessas estações maregráficas. Também é fundamental aplicar os procedimentos de verificação da estabilidade métrica dos sensores eletrônicos, de modo a corrigir eventuais derivas dos mesmos.

Confirmando análises realizadas nos primeiros anos da RMPG, as variações sazonais parecem apresentar notável consistência entre as estações de Imbituba,

Macaé e Salvador. De Imbituba a Macaé, observa-se pequena atenuação dessas variações sazonais. Por outro lado, de Macaé a Salvador elas sofrem grande atenuação. No entanto, tais constatações são prejudicadas pelas grandes lacunas nas informações de Imbituba e Macaé, que seriam bastante reduzidas com a utilização dos registros gráficos. Portanto, é primordial a conclusão do tratamento adequado destas informações.

Além das médias mensais, as observações horárias filtradas também serviram de base para o cálculo dos níveis médios referentes ao período de operação comum, apresentados na Tabela 3 juntamente com outros elementos mostrados na Figura 6. Com estas informações, foi possível elaborar o gráfico mostrado na Figura 17, versão atualizada da comparação entre altitudes do SGB e alturas referidas ao NMM local (ALENCAR, 1990).

Tabela 3 – Composição dos diversos tipos de observação necessárias à obtenção da altura da RN selecionada, nas estações da RMPG participantes destas análises, acima do NMM local, e sua comparação com a respectiva altitude do SGB.

elemento	Fortaleza	Salvador	Macaé	Imbituba
A (desnível entre níveis de referência do sensor primário e da régua)	+4,305	+5,008	+0,107	+0,238
B (topo da régua, com pino)	4,637	4,015	3,013	3,017
C (desnível entre pino da régua e RN primária)	+0,6314 (4336-A)	+0,2294 (3640-A)	+1,4968 (3086-U)	+0,4876 (3012-X)
J (desnível entre RN primária e RN vizinha)	+0,2994 (465Q)	+5,4161 (292J)	+1,7080 (9004-B)	+17,7556 (4P)
L (NMM local)	6,341	7,281	1,464	1,875
N (altura da RN vizinha acima do NMM local)	3,532	7,388	4,861	19,623
F (altitude da RN vizinha referida ao Datum de Imbituba)	3,7461	7,6229	4,8284	19,7799

Neste gráfico, observa-se que os NMM locais atuais, nas estações de Fortaleza, Salvador e Imbituba encontram-se entre 10 cm e 15 cm acima dos valores utilizados por aquele autor. Esta diferença é compatível com a taxa de elevação global do NMM e com as incertezas referentes às variações da posição vertical das estações da RMPG, relatadas no capítulo anterior.

Quanto ao caso de Macaé, a diferença apresenta outro padrão de variação, bastante diverso, mas o fato da comparação visual ser feita com a estação do

IAGS no Rio de Janeiro (Fortaleza de Santa Cruz, em Niterói) pode introduzir desvios importantes. Além disso, resultados pretéritos dessa estação parecem mostrar anomalias significativas nas variações de sua posição vertical (LUZ et al., 2002). Assim, são necessárias investigações adicionais desses resultados.

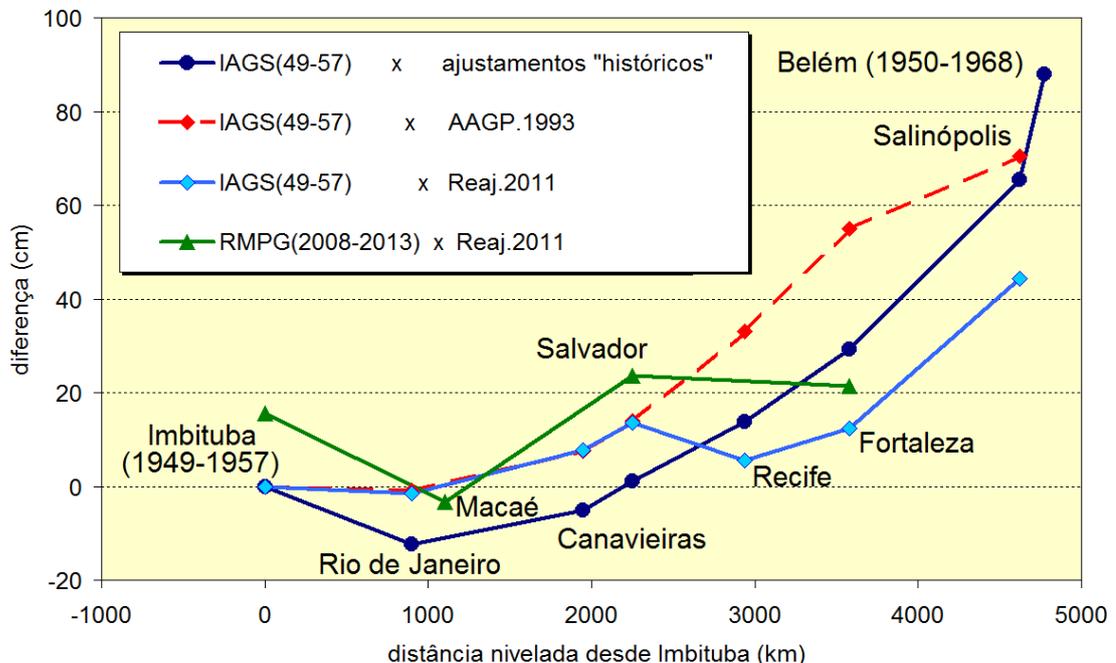


Figura 17 – Comparação entre altitudes do SGB (referidas ao Datum de Imbituba) e alturas acima do NMM local, nas estações da RMPG cujas observações foram analisadas neste Relatório. Adaptado de Alencar (1990) e Luz, Guimarães (2003).

Cabe ressaltar que os gráficos mostrados na Figura 17 têm diferentes períodos de referência (ALENCAR, 1968, p.8). Os níveis médios locais dados pela rede maregráfica do IAGS referem-se a um período único de 9 anos, de 1949 a 1957, enquanto os resultados da RMPG foram obtidos para o já mencionado período de 5 anos entre 05/2008 e 04/2013, isto é, uma diferença de 57 anos. Além disso, os desníveis que resultaram nas altitudes ajustadas da Rede Altimétrica do SGB utilizadas para a comparação com os NMM locais foram observados com nivelamento geométrico de alta precisão realizado entre 1945 e três diferentes anos finais: 1957 (ajustamentos "históricos"), 1989 (Ajustamento Altimétrico Global Preliminar, AAGP.1993) e 2010 (Reajustamento da Rede Altimétrica de Alta Precisão do SGB, Reaj.2011). Eventuais alterações da posição vertical original das RRNN nos pontos nodais da Rede Altimétrica e nas estações maregráficas podem introduzir significativos desvios nesse tipo de análise. Neste contexto, entre as

comparações mostradas na Figura 17, o conjunto mais consistente é o dos resultados originais de Alencar (1990), pois resultam de medições de nível do mar e de nivelamento geométrico realizadas em períodos quase coincidentes.

Os possíveis efeitos dessa grande heterogeneidade temporal sobre as demais comparações poderão ser investigados apenas depois do necessário tratamento das informações de CGEM, mencionada na seção anterior, e também da revisão dos resultados do Reajustamento Altimétrico de 2011, referentes aos resíduos acima da tolerância e às diferenças significativas entre altitudes anteriores e ajustadas (IBGE, 2011, p.51-52).

Também é importante reafirmar que a não disponibilidade dos resultados de CGEM, a presença de problemas ainda não resolvidos nas séries temporais de nível do mar (e. g., grandes lacunas não preenchidas e derivas instrumentais não corrigidas) e, principalmente, o insuficiente período comum de observação do nível do mar nas estações da RMPG, impedem, atualmente, a obtenção de valores confiáveis das taxas de elevação do NMM nessas estações. No entanto, tão logo essas dificuldades sejam sanadas, todo o conjunto de dados da RMPG poderá, e deverá, ser utilizado para esse tipo de análise. Apesar de não ser um de seus objetivos iniciais, a RMPG tem contribuições essenciais ao estudo da elevação global do nível do mar e, portanto, aquelas taxas de elevação também devem ser consideradas como um produto fundamental da RMPG.

5. Comentários finais e perspectivas

A consolidação da RMPG no âmbito do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) atende aos mais recentes preceitos científicos que afirmam “o papel essencial dos marégrafos na Geodésia” e “a necessidade de um abrangente sistema de observação do nível do mar baseado tanto em altimetria quanto em marégrafos, além de técnicas geodésicas espaciais e modelos hidrodinâmicos a fim de vincular (os referenciais verticais de) zonas costeiras e mar aberto” (WÖPPELMANN et al., 2006; KEYSERS et al., 2013; MMA, 2013, p.20).

Os resultados preliminares apresentados neste Relatório representam um grande esforço organizacional do IBGE, mas ainda não são suficientes para que a RMPG atinja os objetivos delineados.

Em curto prazo, espera-se uma grande otimização da rotina diária de controle de qualidade e disponibilização das observações, com o início da operação do sistema Maregraf, que se encontra em desenvolvimento no IBGE. Além disso, neste sistema também serão gradualmente implementadas as demais etapas do processamento, de modo a racionalizar todo o processo.

Assim, é necessário um esforço institucional para propiciar as condições necessárias não apenas ao atendimento das recomendações já elencadas (tratamento de maregramas, regularização da periodicidade do nivelamento de CGEM etc), como também à incorporação das informações produzidas pelos satélites altímetros nas análises referentes à manutenção da componente vertical do SGB. Tal necessidade é corroborada, por exemplo, pela recente apresentação de resultados promissores da aplicação conjunta dos produtos do satélite gravimétrico GOCE e das diversas missões espaciais altimétricas, além de dados *in-situ*, ao problema da TNMM (RIO, 2013). Somente com a inclusão da correção da TNMM será possível uma contribuição da RMPG ao ajustamento das diferenças de geopotencial da Rede Altimétrica do SGB com integração de informações de gravidade, previsto para 2014 no Plano Estratégico do IBGE (IBGE, 2013).

Referências:

ALENCAR, J. C. M. **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://artigos.ibge.gov.br/artigos-home/geodesia/1989emdiante>>, acesso: 28/09/2013.

_____. **Datum Altimétrico Brasileiro**. Cadernos de Geociências, v.5, 1990. p.69-73. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://artigos.ibge.gov.br/artigos-home/geodesia/1999-1989>>, acesso: 28/09/2013.

BEVIS, M.; SCHERER, W.; MERRIFIELD, M. **Technical issues and recommendations related to the installation of continuous GPS stations at tide gauges**. Marine Geodesy, v.1, n.3, 2002. p.217-252. Também disponível, com pequenas diferenças, em: <http://imina.soest.hawaii.edu/cgps_tg/introduction/index.html>, último acesso: 14/10/2010.

CALDWELL, P. **Sea Level Data Processing On IBM-PC Compatible Computers Version 3.0** (Year 2000 Compliant). JIMAR Contribution No. 98-319, SOEST, University of Hawaii Sea Level Center, 2001. 40 pp. Disponível em: <<http://ilikai.soest.hawaii.edu/uhs/c/iaslsoft2.html>>, acesso: 28/09/2013.

CAVALCANTE, M. F. **The Digilevel**. Afro-America Gloss Newsletter, v.7, n.1. 2003. Disponível em: <<http://www.mares.io.usp.br/aagn/7/dhn/presentation-brasil-digilevel.htm>>, acesso: 28/09/2013.

COLLILIEUX, X.; WÖPPELMANN, G. **Global sea-level rise and its relation to the terrestrial reference frame**. Journal of Geodesy, v.85, n.1, 2011. p.9-22. Disponível em: <<http://link.springer.com/journal/190/85/1>>, acesso: 07/10/2013.

CORDINI, J. **Estudo dos Aspectos Geodinâmicos no Datum da Rede Altimétrica do SGB**. 1998. 159 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, Curitiba.

DALAZOANA, R. **Estudos dirigidos a análise temporal do Datum Vertical Brasileiro**. xiv, 2005. 188 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas), CPGCG/UFPR, Curitiba. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/3922>>, acesso: 28/09/2013.

_____.; LUZ, R. T.; LIMA, S. R. S.; MIRANDA, FR. A.; PALMEIRO, A. S.; MIRANDA, FA. A.; FREITAS, S. R. C. **Controle vertical das RRNN e da posição geocêntrica do marégrafo no Porto de Imbituba**. In: Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 4., 2005, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR. Disponível em: <<http://artigos.ibge.gov.br/artigos-home/geodesia/2008-2005>>, acesso: 28/09/2013.

DAVIS, J. L.; FIALKO, Y.; HOLT, W. E.; MILLER, M. M.; OWEN, S. E.; PRITCHARD, M. E. (Eds.). **A Foundation for Innovation: Grand Challenges in Geodesy**, Report from the Long-Range Science Goals for Geodesy Community Workshop, UNAVCO, Boulder, Colorado, 2012. 79 pp. Disponível em: <[http:// www.unavco.org / pubs_reports / geodesy_science_plan / GrandChallengesInGeodesy-Final-Singles-LR.pdf](http://www.unavco.org/pubs_reports/geodesy_science_plan/GrandChallengesInGeodesy-Final-Singles-LR.pdf)>, acesso: 07/10/2013.

ESA. **ESA Coastal Sea Level meeting Synthesis Report**. Prepared by Chris W. Hughes on behalf of the participants. European Space Agency Science Meeting on the Potential of Tide Gauge Unification for Sea Level and Ocean Modelling, Noordwijk, 30/09-01/10/2013. Disponível em: <[http:// www.goceplushsu.eu / gpweb / gc-cont.php?p=56](http://www.goceplushsu.eu/gpweb/gc-cont.php?p=56)>, acesso: 17/10/2013.

FEATHERSTONE, W. E. **Prospects for the Australian Height Datum and Geoid Model**. In: ÁDÁM, J.; SCHWARZ, K.-P. (Ed.). *Vistas for Geodesy in the New Millennium*. IAG Symposia, v.125, xvii, 620 p. Springer, Berlin. 2002. p.96-101. Disponível em: <[http:// www.cage.curtin.edu.au / ~geogrp / pubs. html](http://www.cage.curtin.edu.au/~geogrp/pubs.html)>, acesso: 28/10/2005.

_____; KIRBY, J. F.; HIRT, C.; FILMER, M. S.; CLAESSENS, S. J.; BROWN, N. J.; HU, G.; JOHNSTON, G. M. **The AUSGeoid09 model of the Australian Height Datum**. *Journal of Geodesy*, v.85, n.3, 2011. p.133-150. Disponível em: <<http://link.springer.com/journal/190/85/3>>, acesso: 07/10/2013.

FERREIRA, V. G. **Solução do tipo Brovar para o segundo Problema de Valor de Contorno da Geodésia com vistas à modernização de sistemas de altitudes**. ii, 2011. 171 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas), CPGCG/UFPR, Curitiba. Disponível em: <[http:// dspace.c3sl.ufpr.br / dspace / handle / 1884 / 25954](http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/25954)>, acesso: 28/09/2013.

FRANCO, A. S. *Marés: Fundamentos, Análise e Previsão*. 2. ed. Niterói: DHN, xvi, 2009. 344 p.

FREITAS, S. R. C.; SCHWAB, S. H. S.; MARONE, E.; PIRES, A. O.; DALAZOANA, R. **Local Effects in the Brazilian Vertical Datum**. In: ÁDÁM, J.; SCHWARZ, K.-P. (Ed.). *Vistas for Geodesy in the New Millennium*. IAG Symposia, v.125, xvii, 2002. 620 p. Springer, Berlin. p.102-107.

_____; FERREIRA, V. G.; PALMEIRO, A. S.; DALAZOANA, R.; LUZ, R. T.; FAGGION, P. L. **Modelagem do potencial anômalo no Datum Vertical Brasileiro visando sua nova definição**. *Boletim de Ciências Geodésicas*, Curitiba, v.13, n.2, 2007. p.395-419.

GERLACH, C.; RUMMEL, R. **Global height system unification with GOCE: a simulation study on the indirect bias term in the GBVP approach**. *Journal of*

Geodesy, v.87, n.1, 2013. p.57–67. Disponível em: <[http:// link.springer.com / journal / 190 / 87 / 1](http://link.springer.com/journal/190/87/1)>, acesso: 07/10/2013.

IBGE. **IBGE registra efeitos do aquecimento global na costa brasileira.** Press-release, 26-06-2007. Disponível em: <[http:// saladeimprensa.ibge.gov.br / noticias](http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias)>, acesso: 01/10/2013.

_____. **Esclarecimento sobre a relação entre o Datum Vertical do SGB (Imbituba e Santana) e os Níveis de Redução e “Zeros” Hidrográficos no Litoral Brasileiro.** 2009. Disponível em: <[ftp:// geofpt.ibge.gov.br / documentos / geodesia / rede_ maregrafica_ permanente_ geodesia / relacao_ dvs.gb_ nr_ zh.pdf](ftp://geofpt.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rede_maregrafica_permanente_geodesia/relacao_dvs.gb_nr_zh.pdf)>, acesso: 01/10/2013.

_____. **Instruções técnicas para Controle Geodésico de Estações Maregráficas - CGEM e sua vinculação vertical ao Sistema Geodésico Brasileiro – SGB.** Manuais Técnicos em Geociências, n. 11. 2010. 38 p. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/ GEBIS - RJ/ManuaisdeGeociencias/Instrucoes_tecnicas_para_controle_geodesico_de_estacoes_maregraficas-CGEM_e_sua_vinculacao_vertical_ao_Sistema_Geodesico_Brasileiro-SGB.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS-RJ/ManuaisdeGeociencias/Instrucoes_tecnicas_para_controle_geodesico_de_estacoes_maregraficas-CGEM_e_sua_vinculacao_vertical_ao_Sistema_Geodesico_Brasileiro-SGB.pdf)>, acesso: 28/09/2013.

_____. **Ajustamento simultâneo da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro.** 2011. 60 p. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: <[http:// www.ibge.gov.br / home / geociencias / geodesia / altimetrica.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/altimetrica.shtm)>, acesso: 01/10/2013.

_____. **Plano Estratégico 2012-2015.** Ed. revisada. 2013. 78 p. IBGE, Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://_ www.ibge.gov.br / home / disseminacao / eventos / missao / planejamento_ estrategico_ ibge_ 2012_ 2015.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/disseminacao/eventos/missao/planejamento_estrategico_ibge_2012_2015.pdf)>, acesso: 01/10/2013.

IOC. **Report on Joint IAPSO-IOC Workshop on Sea-Level Measurements and Quality Control**, Paris, 12-13 October 1992. Intergovernmental Oceanographic Commission, Workshop Report, No. 81, 1993. 166p. Disponível em: <[http:// www.unesco.org / ulis / cgi-bin / ulis.pl?catno=94204&set=4D5E4891_ 0_ 372&gp=1&lin=1&ll=1](http://www.unesco.org/ulis/cgi-bin/ulis.pl?catno=94204&set=4D5E4891_0_372&gp=1&lin=1&ll=1)>, acesso: 01/10/2013.

_____. **Manual on Sea Level Measurement and Interpretation.** Paris: IOC, v. IV. 2006. Disponível em: <http://www.psmsl.org/train_and_info/training/manuals>, acesso em: 16/02/2007.

KALIL, A. F. D. **Contribuições ao estudo do nível médio do mar no estado do Rio de Janeiro.** xvi, 1999. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica), PENO/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <[http:// www.oceanica.ufrj.br / intranet / teses / 1999_ mestrado_ afonse_ kalil.pdf](http://www.oceanica.ufrj.br/intranet/teses/1999_mestrado_afonse_kalil.pdf)>, acesso: 07/10/2013.

KEYSERS, J. H.; QUADROS, N. D.; COLLIER, P. A. **Vertical Datum Transformations across the Littoral Zone: Developing a method to establish a common vertical datum before integrating land height data with nearshore seafloor depth data.** 2013. 110 p. Cooperative Research Centre for Spatial Information, Brisbane. Report prepared for the Commonwealth Government of Australia, Department of Climate Change and Energy Efficiency. Disponível em: <<http://www.crcsi.com.au/Documents/UEM-proj3---Vertical-Datum-Transformation.aspx>>, acesso: 20/05/2013.

KNUDSEN, P.; BINGHAM, R.; ANDERSEN, O.; RIO, M.-H. **A global mean dynamic topography and ocean circulation estimation using a preliminary GOCE gravity model.** Journal of Geodesy, v.85, n.11, 2011. p.861-879. Disponível em: <<http://link.springer.com/journal/190/85/11>>, acesso: 07/10/2013.

LENNON, G. W.; MITCHELL, W. M. **The Stilling Well – a Help or a Hindrance?** In: Joint IAPSO-IOC Workshop on Sea Level Measurements and Quality Control, IOC Workshop Report no. 81, 1992. p.52-64. Disponível em: <http://www.unesco.org/ulis/cgi-bin/ulis.pl?catno=94204&set=4D5E4891_0_372&gp=1&lin=1&ll=1>, acesso: 01/10/2013.

LUZ, R. T. **A Influência das Ondas de Alta e Média Freqüência na Observação do Nível do Mar para Aplicações Geodésicas.** xvii, 1996. 168 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica), PENO/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.oceanica.ufrj.br/intranet/teses/1996_mestrado_roberto_teixeira_luz.pdf>, acesso: 19/12/2012.

_____.; NEVES, C. F.; FREITAS, S. R. C. **Proposição e teste de metodologia para instalação e operação de uma rede maregráfica permanente com fins geodésicos.** 1996. Proposta submetida ao Departamento de Geodésia do IBGE.

_____.; FREITAS, S. R. C.; DALAZOANA, R. **Acompanhamento do Datum Altimétrico IMBITUBA através das Redes Altimétrica e Maregráfica do Sistema Geodésico Brasileiro.** 2002. In: IAG SYMPOSIUM, 2002, Santiago de Chile. Disponível em: <<http://artigos.ibge.gov.br/artigos-home/geodesia/2004-2000>>, acesso: 28/09/2013.

_____.; GUIMARÃES, V. M. **Dez Anos de Monitoramento do Nível do Mar no IBGE.** 2003. In: Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 3., 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR. Disponível em: <<http://artigos.ibge.gov.br/artigos-home/geodesia/2004-2000>>, acesso: 28/09/2013.

_____. **Estratégias para Modernização da Componente Vertical do Sistema Geodésico Brasileiro e sua Integração ao SIRGAS.** xxi, 2008. 179 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas), CPGCG/UFPR, Curitiba. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/17075>>, acesso: 28/09/2013.

MERRY, C. L.; VANÍCEK, P. **The Zero Frequency Response of Sea Level to Meteorological Influences**, Technical Report no. 82, 1981. University of New Brunswick, Fredericton.

MIGUEZ, B. M.; TESTUT, L.; WÖPPELMANN, G. **The Van de Casteele Test Revisited: An Efficient Approach to Tide Gauge Error Characterization**. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, v.25, n.7, 2008. p.1238-1244. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/2007JTECHO554.1>>, acesso: 01/10/2013.

MMA. **Diálogos Brasil-Espanha: Sistema de Modelagem Costeira**. Resumo Executivo. 2013. 72 p. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/smc-brasil>>, acesso: 20/05/2013.

MONTECINO CASTRO, H. **Proposta de Alternativas para Conexão dos Data Verticais Brasileiros de Imbituba e Santana**. ii, 2011. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas), CPGCG/UFPR, Curitiba.

NEREM, R. S.; CHAMBERS, D. P.; CHOE, C.; MITCHUM, G. T. **Estimating Mean Sea Level Change from the TOPEX and Jason Altimeter Missions**. Marine Geodesy, v.33, n.S1, 2010. p.435-446. Disponível em: <<http://sealevel.colorado.edu>>, acesso: 02/04/2013.

NGS. **The GRAV-D Project: Gravity for the Redefinition of the American Vertical Datum**. 2007. Disponível em: <http://www.ngs.noaa.gov/GRAV-D/pubs/GRAV-D_v2007_12_19.pdf>, acesso: 28/09/2013.

PALMEIRO, A. S. **Análise do Vínculo do Datum Vertical Brasileiro a um Sistema Global de Altitudes com Base em Soluções Fixadas e Livres do PVCG**. xv, 2011. 144 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas), CPGCG/UFPR, Curitiba. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/27259>>, acesso: 28/09/2013.

POST, V. E. A.; VON ASMUTH, J. R. **Review: Hydraulic head measurements – new technologies, classic pitfalls**. Hydrogeology Journal, v.21, n.4, 2013. p.737-750. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10040-013-0969-0>>, acesso: 07/10/2013.

PUGH, D. T. **Tides, Surges and Mean Sea-Level**. Chichester: John Wiley. xiv, 1987. 472 p. Disponível em: <<http://eprints.soton.ac.uk/19157>>, acesso em: 17/12/2007.

REBISCHUNG, P.; GRIFFITHS, J.; RAY, J.; SCHMID, R.; COLLILIEUX, X.; GARAYT, B. IGS08: the IGS realization of ITRF2008. GPS Solutions, v.16, 2012. p.483-494.

Disponível em: <ftp:// igs.org / pub / resource / pubs / IGS08_The_IGS_Realization_of_ITRF2008.pdf>, acesso: 01/10/2013.

RIO, M.-H. **Combined MDTs**. European Space Agency Science Meeting on the Potential of Tide Gauge Unification for Sea Level and Ocean Modelling, Noordwijk, 2013. 30/09-01/10/2013. Disponível em: <http:// www.goceplushsu.eu / gpweb / gc-cont.php?p=56>, acesso: 17/10/2013.

ROSENBERRY, D. O. **Effect of Sensor Error on Interpretation of Long-Term Water-Level Data**. Groundwater, v.28, n.6, 1990. p.927-936. Disponível em: <http:// info.ngwa.org / gwol / pdf / 902873786.PDF>, acesso: 01/10/2013.

SÁNCHEZ, L. **Definition and Realisation of the SIRGAS Vertical Reference System within a Globally Unified Height System**. In: TREGONING, P.; RIZOS, C. (Ed.) Dynamic Planet. IAG Symposia, v.130, xxvi, 2006. 909 p. Springer, Berlin. p.638-645.

SANTOS, S. F. **Investigação de anomalia nos registros do marégrafo do IBGE em Macaé**. 2010. 201 p. Projeto Final (Graduação em Engenharia Cartográfica), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro.

SIDERIS, M. G.; RANGELOVA, E.; AMJADIPARVAR, B.; HAYDEN, T. **Height datum unification by means of the GBVP approach using tide gauges**. VIII Hotine-Marussi Symposium, Rome, 2013. 17-21/06/2013. Disponível em: <http:// www. goceplushsu.eu / gpweb / gc-cont.php?menu=16&p=51>, acesso: 01/10/2013. VANÍČEK, P.; KRAKIWSKY, E. J. (1986) **Geodesy: the Concepts**. 2. ed., 6. print. Amsterdam: Elsevier. xv, 697 p.

WÖPPELMANN, G.; ZERBINI, S.; MARCOS, M. **Tide gauges and Geodesy: a secular synergy illustrated by three present-day case studies**. Comptes Rendus Geoscience, v.338, n.14, 2006. p.980-991. Disponível em: <http:// www.sciencedirect.com / science / article / pii / S163107130600201X#>, acesso: 01/10/2013.

Equipe Técnica

Diretoria de Geociências

Coordenação de Geodésia

Maria Cristina Barboza Lobianco

Planejamento e coordenação técnica geral da publicação

Roberto Teixeira Luz

Controle da Operação da RMPG e Processamento de suas Observações

Antonio da Cruz Castro

Salomão Soares

Cláudia Valéria Jacintho de Assumpção

Roberto Rodrigues da Silva

Cláudia Lellis Callado Anciães – atualmente na CGEO/DGC

Nilo Cesar Coelho da Silva – atualmente na COPIS/DPE

Arlindo Simões Alcântara – atualmente na GLGC/DGC

Jorge Roberto Ferreira – atualmente na GLGC/DGC

Solange Cardoso – atualmente na COAGRO/DPE

Ricardo de Oliveira Ribas – atualmente na GLGC/DGC

Roberto Teixeira Luz

Desenvolvimento de programas computacionais específicos

Aislan Célio

Antonio Carvalho Filho

Nilo César Coelho da Silva

Nilton de Souza Ribas Junior

Roberto Teixeira Luz

Rogério Valério Pereira

Supervisão do reprocessamento das observações

Salomão Soares

Elaboração do Relatório

Roberto Teixeira Luz

Revisão do Relatório

Salomão Soares

Valéria Guimarães Carvalho

Maíra Kronenberg Lima

Nívia Regis Di Maio Pereira

Suporte técnico-gerencial

Valéria Guimarães Carvalho

José Duarte Correia

Sylvio Pinho Ferreira

Paulo César Pires

Cláudia Cristina Cunha Santos

Luiz Antonio de Moraes

Jayme Moreira da Silva

Ida da Silva Costa

Sonia Maria Alves Costa

Alberto Luis da Silva

Marco Aurelio de Almeida Lima
Francisco Melo do Amaral
Israel Lopes dos Santos
Hélio Martins Galvão

Aprovação do Relatório

Maria Cristina Barboza Lobianco

Gerência de Documentação e Informação (GDI)

Amauri Silva
Mônica Malaquias de Campos

Programa Editorial

Altagnan Abreu Vianna
Ceni Maria de Paula de Souza
Jerônimo Pedro Nogueira do Couto

Unidade Estadual do IBGE no Amapá (UE-AP)

Supervisão da Base Territorial (SBT)

Operação da Estação de Santana, AP – 2005-2013

Haroldo Canto Ferreira
Marconi Edson Silva Uchôa
Eduardo Luiz Teixeira Baptista
Francisco Tomé Teles Menezes

Unidade Estadual do IBGE na Bahia (UE-BA)

Gerência de Geodésia e Cartografia (GGC)

Operação da Estação de Salvador, BA – 2002-2013

Hildeberto Biserra Lins – aposentado
Nilton de Souza Ribas Junior
Luiz Augusto Valois Cardoso
José Carlos Mata Rocha
Márcio Brito Bonifácio

Unidade Estadual do IBGE no Ceará (UE-CE)

Gerência de Geodésia e Cartografia (GGC)

Operação da Estação de Fortaleza, CE – 2007-2013

Raimundo Vieira de Lima
Rosa Alice Rodrigues – atualmente na SDI
Jose Ademar Araújo
Jose Felix Pereira Filho
Elisvaldo Almeida de Castro
Jose Benoni Almeida Vitoriano
Luciano Anastacio Rodrigues
Francisco Herlane Marques Soares
Raimundo Nonato Araújo
Washington Luiz Rodrigues Silva
Carlos Reginaldo de Freitas Figueiredo (SSI)
Carlos Barbosa Fernandes – aposentado

Francisco Jose Ferreira – aposentado
Renato Rodrigues Pinheiro
Jose Augusto Faes
Fabio Carneiro Lobo
Geraldo Santos Landovsky
Marcelo Campos Maia
Antonio Carlos Rodrigues
Paulo Sampaio de Oliveira

Unidade Estadual do IBGE no Pará (UE-PA)

Supervisão de Geodésia e Cartografia (SGC)

Acompanhamento da Operação da Estação de Santana, AP

Ariowaldo Banhos Cabral
Márcio Brito Bonifácio – atualmente na UE-BA

Unidade Estadual do IBGE no Rio de Janeiro (UE-RJ)

Agência do IBGE em Macaé (Ag-Macaé)

Operação da Estação de Macaé, RJ

Miraci Porto da Silva – operador principal
Écio Silva
Eduardo Costa
João Ribeiro Manhães – aposentado

Unidade Estadual do IBGE em Santa Catarina (UE-SC)

Gerência de Geodésia e Cartografia (GGC)

Acompanhamento da Operação da Estação de Imbituba, SC

Paulo Roberto Guimarães Leal
César Luis Soares Monteiro
Veroni José Cristóvão
Donato Paulo da Silveira
Luiz Fernando Reinheimer (Informática)

Colaboração externa

Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), Marinha do Brasil

Ocn. Maria Helena Severo de Souza
CF Ana Claudia de Paula
CF Rosuita Roso
CT Maria Fernanda Arendt
CT Cesar Borba
Prof. Dr. Geraldo Nogueira

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Prof. Dr. Claudio Freitas Neves

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Prof. Dr. Silvio Rogério Correia de Freitas

Sea Level Centre, University of Hawaii (UHSLC)

Patrick Caldwell
Nikolai Turetsky

Jerard Jardim

Centro de Documentação e Disseminação de Informações

Coordenação de Produção

Marise Maria Ferreira

Gráfica Digital

Impressão

Ednalva Maia do Monte