

REFERENCIAIS VERTICAIS BASEADOS NO NÍVEL MÉDIO DA ÁGUA DO MAR E SEUS IMPACTOS NAS ZONAS COSTEIRAS BRASILEIRAS – ESTUDO DE CASO: SANTOS, BRASIL

Atila Foster Klein Gunnewiek¹, Patrícia Dalsoglio Garcia², Tiago Zenker Gireli³ e Jorge Luiz Alves Trabanco⁴

RESUMO: Os registros do nível médio da água do mar – NMM – mostram que este tem uma variação tanto temporal, quanto espacial ao longo da costa brasileira. Por isto, a utilização de um datum vertical único estabelecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, responsável pela confecção das cartas topográficas em todo o país, pode estar prejudicando políticas públicas de cidades litorâneas brasileiras. O presente trabalho utiliza técnicas topográficas e geodésicas para o levantamento de perfis praias, além de vincular os níveis da água do mar entre Imbituba – SC e Santos – SP, cidade onde se realizou o estudo de caso. Foram utilizados dados de levantamentos topográficos (perfis de praia medidos desde a calçada até profundidades além da zona de rebentação), levantamentos batimétricos e o nivelamento geométrico entre as referências de nível do IBGE e da Marinha do Brasil, ambas localizadas próximas ao local. Os resultados apontaram uma variação de 20,9 cm entre os NM das duas localidades, e de 57,9 cm entre o NM de Imbituba e o NR de Santos. Estas discrepâncias sugerem que uma atualização do sistema de referência vertical brasileiro seja realizada, assim como maior número de estações em diferentes localidades, já que não é possível afirmar que haja uma variação linear no NMM, uma vez que muitos fatores podem influenciar seu comportamento local. Enquanto não há uma modernização deste sistema, é recomendável que se utilize, especialmente nas cidades litorâneas, o NM local, já que manchas de inundação, sistemas de drenagem urbana, obras aderentes ao mar, entre outros fatores, podem ser afetados diminuindo a sua eficácia, ou mesmo alterando o seu funcionamento. Além disso, a correta correlação entre dados topográficos e batimétricos deve ser feita a partir de um nivelamento geométrico, de forma que os dados obtidos nos dois levantamentos possam ser correlacionados a um mesmo referencial de nível. Por fim, a técnica que vem sendo empregada no levantamento topográfico, com o prolongamento dos perfis praias até à zona de rebentação, mostrou-se capaz de reproduzir esta região com boa precisão, sendo fundamental para computo do balanço sedimentar em regiões que precisam de intervenção devido ao intenso processo erosivo.

Palavras-chave: Nível médio da água do mar, Impactos costeiros, Datum vertical, Referências verticais.

ABSTRACT: The mean sea level (MSL) observations show variation, both temporal and spatial along the Brazilian coast. Utilizing the vertical datum established by IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics) may be undermining public policies on Brazilian Coastal Cities. This study uses both topographic and geodetic techniques for determining beach profiles, and also linking the sea level between Imbituba – SC (where the reference datum is located) and Santos – SP (where this study was conducted). The method consists in using topographic survey surpassing the surf zone, bathymetric survey and geometric leveling between vertical references of IBGE and Brazilian Navy, both located near the study zone. Results demonstrated a variation of 20.9 cm between the mean sea level (MSL) of both locations, and a variation of 57.9 cm between the MSL of Imbituba – SC and mean low water springs (MLWS) of Santos – SP, with Santos below. These discrepancies indicate that the Brazilian vertical reference system must be updated, utilizing more locations along the coast and longer tidal time series, than the current system is using, since the tide level variation cannot simply be linearized. Until this modernization occurs, using the local tide level as reference is strongly recommended in Brazilian coastal cities, since urban drainage systems, flood range, constructions near or in the sea, among other factors may be affected in such way as to be less effective or even to register changes in its functioning process. Furthermore, the correct correlation between topographic and bathymetric data should be done using geometric leveling, aiming both data sets at the same vertical reference. Finally, the technique used in the topographic survey, which consists in collecting the beach profile data beyond the surf zone, proved capable of representing the region behavior with good precision.

Keywords: Mean sea level, Coastal impacts, Vertical Datum, Vertical references.

@ Corresponding author: atilafoster3001@yahoo.com.br

1 Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Avenida Albert Einstein, 951, Cidade Universitária "Zeferino Vaz", CEP 13083-852 - Campinas - SP, Brasil.

2 Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Avenida Albert Einstein, 951, Cidade Universitária "Zeferino Vaz", CEP 13083-852 - Campinas - SP, Brasil, Email: pdgarcia@g.unicamp.br.

3 Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Avenida Albert Einstein, 951, Cidade Universitária "Zeferino Vaz", CEP 13083-852 - Campinas - SP, Brasil, Email: zenker@fec.unicamp.br

4 Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Avenida Albert Einstein, 951, Cidade Universitária "Zeferino Vaz", CEP 13083-852 - Campinas - SP, Brasil, Email: trabanco@fec.unicamp.br.

1. INTRODUÇÃO

A população humana concentra-se predominantemente em regiões próximas da costa, sendo que cerca de 40% vive a uma distância até 100 km destes locais (Martínez *et al.*, 2007). Estas regiões costeiras estão em constante mudança, com alterações morfológicas que tendem a acelerar conforme se verifica a ocorrência de eventos extremos, além da ação antrópica que também deixa sua pegada devido à ação direta, ou aos efeitos colaterais decorrentes da sua presença (Mentaschi *et al.*, 2018).

Estas regiões estão em constante mudança, sendo fortemente afetadas pelas ações humanas, desde a ocupação irregular e desordenada de regiões litorâneas, até a implantação de obras para melhoria das atividades portuárias. Estas ações promovem a erosão e degradação cada vez maior das praias. Luijendijk *et al.* (2018), afirma que cerca de 31% das praias do mundo são arenosas e que 24% delas estão processo erosivo com taxas superiores a 0,5 m/ano. Há diversos estudos que apontam a ocorrência destes processos erosivos com objetivo de compreender os mecanismos envolvidos e buscar soluções para contê-los (Mcdougall, 2017; Semeoshenkova e Newton, 2015; Marchesiello *et al.*, 2019; Isla *et al.*, 2018).

Segundo Muehe (2018), cerca de 40% da costa brasileira encontra-se em processo erosivo. Muehe (2006) já afirmava que em torno de 80% destas praias apresentavam erosão vinculada à ação antrópica, relacionada principalmente com a urbanização. Devido à presença humana, o acompanhamento da evolução das linhas de costa deve ser criterioso, a fim de garantir informações adequadas para auxiliar na gestão costeira.

Para a análise da ocorrência destas alterações nas linhas de costa, são vários os métodos observados e propostos. García-rubio *et al.* (2015) apresentam uma técnica para obter a posição da linha costeira com base em imagens de satélite, assim como outros trabalhos utilizam esses mesmos tipos de imagens para análises costeiras (Hagenaars *et al.*, 2017; Vos *et al.*, 2019). De maneira alternativa, Oliveira *et al.* (2019) utilizaram o GPR para análise geomorfológica e estratigráfica de um trecho emerso de praia, para aplicação na gestão costeira.

O gerenciamento costeiro baseado em imagens de satélite, tal como estes métodos apresentados são baseados, permitem identificar o processo erosivo, mas são deficientes no computo do balanço sedimentar, que por sua vez é essencial para projetos de recuperação de praias. Nestes casos, as medições *in situ* ainda são ferramentas preciosas.

Comumente se faz monitoramento praial a partir de perfis de praia, obtidos a partir de equipamentos topográficos desde a crista da praia até as proximidades da linha de água. Além disso, nas áreas submersas, utilizam-se de levantamentos batimétricos, até profundidades onde a embarcação consegue alcançar, geralmente além da zona de rebentação. Sendo assim, a região localizada entre a linha de água e a zona de rebentação normalmente não é coberta pelos levantamentos. Esta região, no entanto, constitui-se naquela onde a maior parte do transporte costeiro longitudinal ocorre, sendo fundamental para análise quantitativa do balanço sedimentar.

Ferreira *et al.* (2014) tem como proposta integrar dados topográficos e batimétricos, coletados numa mesma maré, aplicando técnicas topográficas e considerando um mesmo referencial, que, no caso do Brasil, é o datum vertical de Imbituba - SC.

Este método, apesar de ter especial relevância para regiões com incidência de macro marés e declividades de praia que permitam que a embarcação consiga cobrir a área de interesse, tem sua aplicabilidade prejudicada em locais onde as variações de nível não sejam elevadas o suficiente para promover uma sobreposição entre as informações coletadas topograficamente na maré baixa e aquelas obtidas a partir de levantamento batimétrico próximo da preiamar.

Outra maneira de se compatibilizar os dados topográficos (perfil praial até a linha da água) com os dados batimétricos (dados além da zona de rebentação), baseia-se na junção destes levantamentos e cobertura da área não levantada a partir de interpolação dos pontos levantados, ou utilizando equacionamentos consagrados para a determinação da profundidade de fechamento, como Dean (1977), Hallermeier (1981) e Bernabeu *et al.* (2003).

Cabe destacar que, para a compatibilização destes dados é necessário que ambos se encontrem no mesmo referencial vertical. No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, responsável pela confecção das cartas topográficas em todo o país, define a referência de cotas a partir do marco zero, localizado no Marégrafo de Imbituba - SC. Já a Marinha do Brasil, responsável pela confecção das cartas náuticas, utiliza-se do Nível de Redução local, correspondente à média das preiamares de sizígia equinocial da localidade.

Além disso, este tipo de metodologia, por vezes desconsidera as diferenças espaciais e temporais no nível médio da água do mar (NMM) e seus efeitos na junção de dados batimétricos e

topográficos. Dalazoana *et al.* (2005), numa análise preliminar de séries temporais do Porto de Imbituba, constataram um aumento do nível médio da água do mar de 2 mm/ano naquela região desde a sua implantação em 1958.

Posteriormente, a utilização de altimetria por satélites indicou o aumento do NMM numa razão de $2,4 \pm 0,1$ mm/ano (Cazenave *et al.*, 2002 apud Lopes, 2006). Já a análise de séries temporais maregráficas do datum de Imbituba - SC correlacionadas com observações GNSS entre os anos de 2007 e 2014, realizadas por Silva *et al.* (2015), corroboram essa diferença como sendo de $2,4 \pm 0,2$ mm/ano. Por outro lado, a variação do NMM ao longo da costa foi estimada, através de Ajustamento Altimétrico Global Preliminar (AAGP), conforme apresentado na Figura 1 (Ribeiro e Luz, 1991 apud Luz *et al.*, 2002). A partir dela, os autores obtiveram uma diferença de aproximadamente 10 cm entre os NMM em Imbituba - SC e Macaé - RJ.

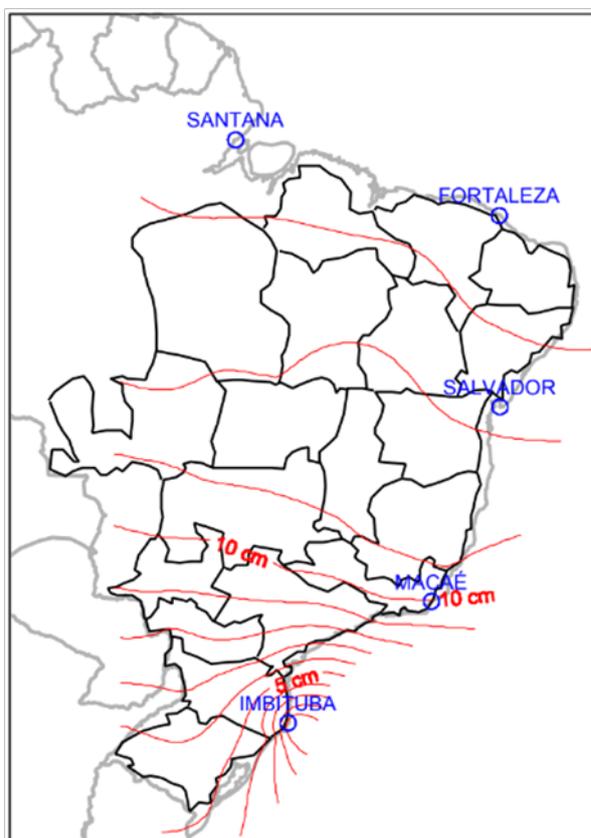


Figura 1. Variação do NMM ao longo da costa brasileira. Fonte: Ribeiro e Luz (1991) apud Luz *et al.* (2002).

Essas discrepâncias incitaram à utilização de novos métodos para aferir o NMM de forma mais precisa, visando promover um processo de modernização do sistema geodésico brasileiro. Luz (2016) propõe a revisão dos conceitos referentes a este sistema como primeiro passo para o ajustamento da Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP). Com o mesmo intuito Luz *et al.* (2008) apresentam a topografia do NMM como ferramenta de base para essa análise.

Dados os relatos de aumento do NMM, a intensa ocupação costeira, a grande quantidade de estudos associados a erosão de praias, ou ainda problemas de drenagem urbana em bairros portuários (Luz e Guimarães, 2003 apud Lopes, 2006) é evidente a importância de um georreferenciamento adequado, compatibilizando redes referidas a data distintos. Isto porque, apesar de vários trabalhos, como o de Ferreira *et al.* (2014), utilizarem o geoide como referência única na integração topo-batimétrica com resultados satisfatórios, estas técnicas dificultam a correlação entre as cotas medidas e os níveis da água do mar. Seria desejável que o referenciamento dos levantamentos fosse feito ao Nível de Redução (NR) local da Marinha.

Neste contexto encontra-se a orla da cidade de Santos (SP-Brasil), onde a ocupação desordenada da linha de costa, a intensa atividade portuária local e as mudanças no próprio comportamento das ondas no local, provocaram nos últimos anos um intenso processo erosivo (Garcia e Gireli, 2019). A região, por sua condição no cenário internacional, no qual está sediado o maior terminal portuário da América Latina (Nightingale, 2017), apresenta um expressivo conjunto de estudos e levantamentos topo-batimétricos. Porém, alguns aspectos tem impossibilitado, na prática, o aproveitamento desses estudos, em especial a falta de amarração dos perfis praias em referências de nível conhecidas, tal como o NR da Marinha, dificultando a compatibilização dos dados. Além disso, a região não apresenta um estudo adequado que correlacione o NMM local com o de Imbituba, ou até mesmo, dos NR da Marinha com algum marco do IBGE, o que seria fundamental para correta análise do balanço sedimentar.

Por fim, a maioria dos estudos não cobre a parte submersa do perfil praias, compreendida entre a linha da água e o limite externo da rebentação, à exceção dos levantamentos realizados pela equipe do Laboratório de Hidráulica Marítima e Fluvial da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. Desde de 2014 são realizados levantamentos topográficos contínuos a partir da correta amarração dos dados

com a rede topográfica brasileira. Os perfis praias foram feitos desde a costa até o limite da baliza, de forma que parte do trecho descoberto pela batimetria pudesse ser reconstituído. Apesar desta técnica ser reconhecida na área de cartografia, não foram encontrados registros na literatura de sua utilização em áreas costeiras.

Nesse sentido, este estudo visa obter, com base em nivelamento geométrico de precisão, as diferenças entre as referências de nível da Marinha e da rede altimétrica oficial do IBGE para a cidade de Santos - SP. A partir dessas informações pretende-se avaliar em que medida o correto referenciamento melhora a junção entre levantamentos topográficos e batimétricos de perfis praias e, conseqüentemente, a análise da evolução da linha de costa. Por fim, pretende-se avaliar a metodologia empregada na medição de perfis praias executada em Santos, a partir da comparação entre os resultados topográficos e batimétricos de uma mesma região.

2. ÁREA DE ESTUDO

Santos, Figura 2, é uma das quinze maiores cidades do estado de São Paulo, com uma população aproximada de 430 mil habitantes, com grande fluxo de turistas e destaque no campo

econômico pela grande movimentação de cargas, uma vez que abriga o Porto de Santos, maior complexo portuário da América Latina (Nightingale, 2017).

Embora esteja entre as melhores cidades do Brasil para se viver (Delta, 2014), a cidade não se desenvolveu de forma controlada, sendo frequentemente afectada por fenômenos extremos relacionados ao mar, como a ocorrência de ressacas, cuja ocorrência tem se tornado cada vez mais frequente na última década (FUNDESPA, 2013). Este incremento na frequência pode estar relacionado às alterações globais do clima. Entretanto, a amplificação de seus impactos sobre à infraestrutura urbana também tem causa na erosão costeira, uma vez que as praias são a proteção natural dos litorais contra esses eventos.

Segundo Italiani (2014) e Garcia e Gireli (2019) houve um crescimento desordenado da cidade com ampliação das suas infraestruturas, ocupação irregular das linhas de costa e aumento da infraestrutura portuária com alargamento e aprofundamento de canais de navegação por dragagem. Estes fatores, em conjunto, se constituem nas principais causas antrópicas associadas à erosão costeira nas praias de Santos - SP.

E, ainda que no Brasil os relatos de erosão sejam variados (Esteves *et al.*, 2002; Muehe, 2006, Muehe, 2018), poucos

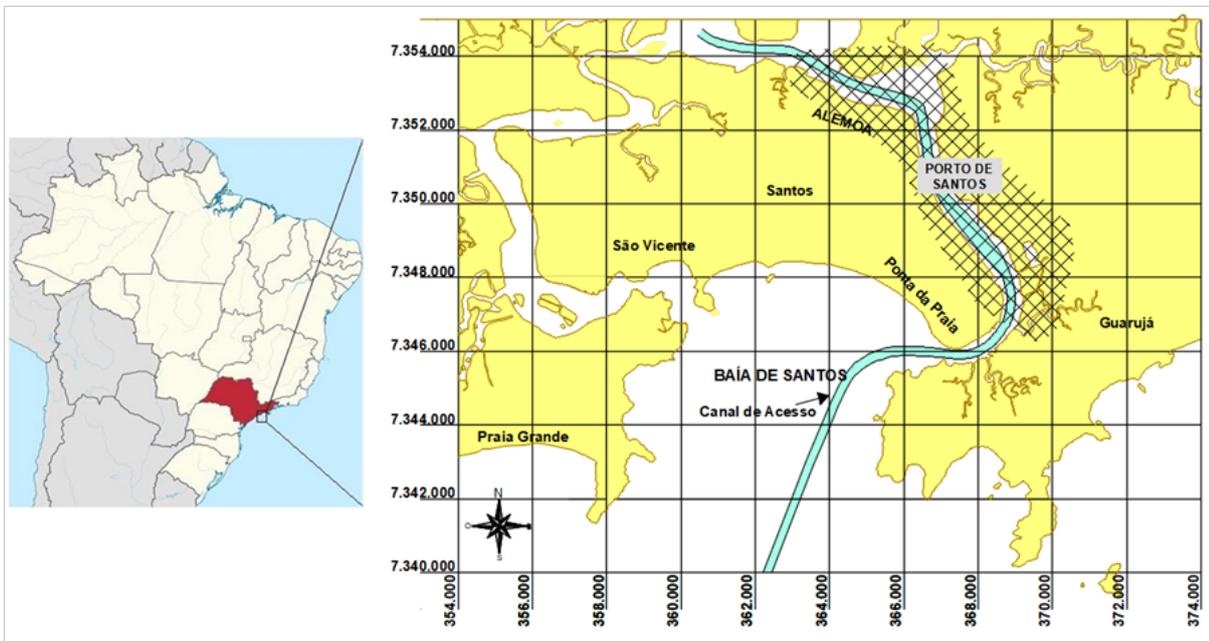


Figura 2. Localização da região estudada - Santos, Brasil. Fonte: Garcia e Gireli (2019).

lugares dispõem da quantidade de informação existente sobre a cidade de Santos – SP, informação que inclui séries maregráficas controladas pela Marinha do Brasil, coletadas em vários pontos e estações geodésicas do IBGE distribuídas homogeneamente pela cidade, dada a relevância do Porto de Santos. Este porto é crucial para a economia, não só local, mas também para a balança comercial nacional.

Já em relação às praias, estas apresentam um estado morfodinâmico de baixa energia e dissipativo (Souza *et al.*, 2012). Os grãos na Baía de Santos possuem diâmetro $d_{50} = 0,11$ mm e $d_{90} = 0,12$ mm (SONDOTÉCNICA, 1977). Isto significa que as praias tem sedimentos finos e são classificadas como arenosas.

As marés na região se propagam ao longo do estuário dos municípios de Santos e São Vicente. As amplitudes das marés astronômicas variam entre 0,27 m e 1,4 m (Marmil, 2015). A região também apresenta a influência de fenômenos meteorológicos, que podem acarretar em uma elevação das marés em até 0,5 m (SONDOTÉCNICA, 1977).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo pode ser dividido conforme as etapas listadas a seguir. Inicia-se com o levantamento dos dados de campo, ou seja, batimetria e topografia. A seguir efetua-se o tratamento das informações coletadas, e finalmente utilizam-se de Modelos Digitais de Elevação (MDE) para posterior análise do comportamento do perfil praiial de acordo com o referencial adotado.

A aquisição dos dados batimétricos e topográficos aconteceu entre janeiro e fevereiro de 2018. No intervalo entre os levantamentos não houve nenhum registro de evento extremo, como a ocorrência de ressacas, que poderiam afetar o comportamento do perfil praiial.

3.1 Levantamento topográfico

Esta etapa pode ser dividida em dois processos: o levantamento dos perfis praiiais, e o nivelamento geométrico entre RRNN (Referências de Nível) e o ponto de referência de nível da estação maregráfica da Praticagem. Nos perfis praiiais foi utilizada, de acordo com a NBR 13.133/94, uma estação total Classe 2 com precisão média, Desvio-padrão/Precisão angular $\pm 07''$. Desvio padrão/Precisão linear $\pm (5 \text{ mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$. Para o nivelamento geométrico da poligonal utilizou-se um nível óptico automático Classe IIN Geométrico, e foi executado com nível classe 1, utilizando miras, devidamente aferidas, providas de prumo esférico.

Para o levantamento dos perfis praiiais utilizou-se ainda um prisma de até 3,05 m de comprimento, e uma base de maior área para que não penetrasse na areia.

As seções foram levantadas entre o Canal 4 e a Ponta da Praia, Figura 3. Para a determinação das coordenadas de cada um dos pontos, foi realizada uma poligonal enquadrada, onde os pontos de início e fim foram obtidos através de receptores GNSS (Global Navigation Satellite System) pelo método diferencial. Esta poligonal foi materializada por pinos fixos na calçada, cada qual com sua monografia.

Esta metodologia permitiu que os levantamentos atingissem profundidades maiores, já que se optou por recolher as seções até ao limite físico deste equipamento, avançando centenas de metros mar adentro, diferentemente do proposto por Ferreira *et al.* (2014), que se limitava a mapear a parte emersa do perfil. As seções foram coletadas ponto a ponto, distantes entre si em aproximadamente 10 m, mesmo no trecho além da linha da água. Esta distância entre os pontos foi respeitada dentro das limitações impostas por ondas e correntes, e alcançou pontos para além da zona de rebentação das ondas.

O alinhamento das seções foi realizado utilizando referenciais fixos no mar, como ilhas e bóias de navegação do canal do Porto de Santos, alinhados com referenciais fixos em terra.

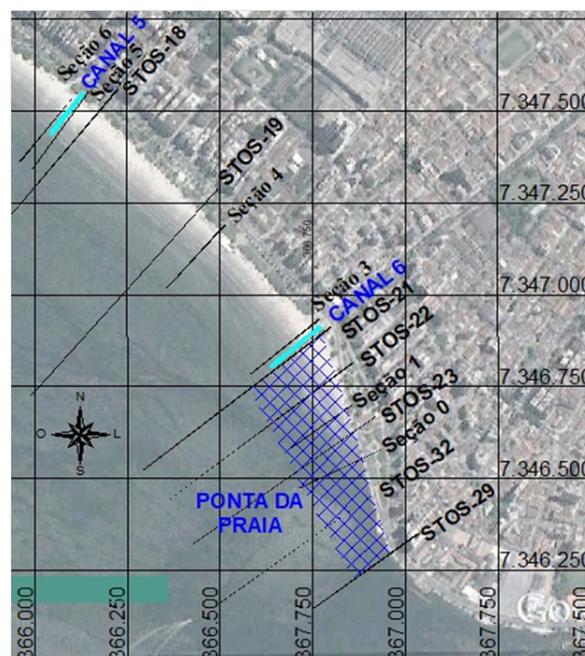


Figura 3: Localização das seções topográficas da praia.

O nivelamento geométrico e contranivelamento Classe II teve origem na RN 2141M IBGE, localizada nas coordenadas 23°58'42"S; 46°18'57"W Sirgas 2000, materializada na orla de Santos, próxima ao Canal 5. Partindo deste ponto um nivelamento geométrico foi realizado em direção à estação maregráfica da Praticagem, localizada a, aproximadamente, dois quilômetros. O trajeto do nivelamento passou por todos os pontos materializados na orla, para que suas altitudes fossem definidas. Desta forma, foi possível corrigir as cotas dos pontos levantados pela topografia com base no nível médio da água do mar local. O trajeto está destacado a vermelho na Figura 4, enquanto em amarelo estão identificados os marcadores dos pontos utilizados para a poligonal da qual se irradiam os pontos das seções do perfil da praia analisadas.



Figura 4: Localização dos pontos e poligonal do nivelamento geométrico.

Na estação maregráfica da Praticagem, localizada nas coordenadas (23°59'.5S; 46°18'.1W, utilizou-se a RN2 - DHN que está referenciada ao nível do mar local, conforme a Figura 5.

3.2 Levantamento batimétrico

Foi utilizado um ecobatímetro SyQwest, Modelo Bathy-500MF, com um transdutor simples de frequência 200 kHz, conforme sugerido pelo manual do equipamento para profundidades até 300 m. O equipamento foi fixado por meio de uma estrutura articulada a uma embarcação, juntamente com um receptor GNSS L1/L2 - RTK.

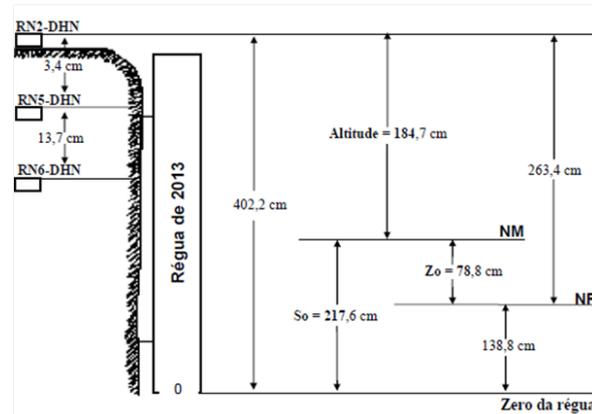


Figura 5: Informações da estação maregráfica da Praticagem. Fonte: Marinha do Brasil (2020).

A outra base do aparelho GNSS foi instalada num dos pontos da poligonal, cujas coordenadas e altitude já haviam sido determinadas no procedimento para o levantamento topográfico do perfil praiar. Assim, a partir da comunicação estabelecida via radiofrequência entre a base e o rover do aparelho GNSS, as coordenadas do receptor embarcado eram corrigidas em tempo real, atingindo precisão da ordem dos centímetros.

Por fim, para a coleta dos dados utilizou-se o programa HYDROpro Navigation® da Trimble, que se conecta tanto com o Ecobatímetro como com o aparelho GNSS e registra o instante, o posicionamento geodésico e a profundidade de cada ponto coletado.

A embarcação percorreu seções perpendiculares à praia, ora em direção à praia, ora se afastando da mesma, somente na região além da zona de rebentação das ondas. O levantamento de dados batimétricos abrangeu a totalidade da área coberta pelo levantamento topográfico, com maior densidade de coleta de pontos na área mais próxima à região da Ponta da Praia, já que ali a erosão é bastante severa, conforme Garcia e Gireli (2019).

3.3 Processamento dos dados de campo

Todos os pontos auxiliares empregados no levantamento topográfico foram obtidos por GNSS, a partir do método diferencial estático, com, no mínimo, uma hora de rastreamento. Posteriormente estes mesmos pontos tiveram suas alturas geométricas correlacionadas tanto com a altitude geoidal, referenciada no NMM de Imbituba - SC, quanto com o NR local, para que pudessem ser diretamente comparados com os dados batimétricos.

Esta correlação foi feita a partir do nivelamento geométrico realizado, que contemplou a totalidade dos pontos. Desta

forma, foi possível transferir as altitudes do NMM de Imbituba – SC, para o NMM local, e finalmente para o NR local, conforme os valores apresentados na Figura 5.

A fim de avaliar a variação entre os diferentes níveis da água observados, os perfis praias gerados com os dados de topografia foram processados empregando as três referências de nível adotadas para o estudo de caso: nível médio da água do mar em Santos – SP, nível de redução da marinha em Santos – SP, nível médio da água do mar em Imbituba – SC.

Para o tratamento da batimetria, a referência vertical adotada foi o nível de redução da estação maregráfica da Praticagem. Para tanto, os valores de profundidade medidos foram corrigidos a partir do maregrama local extraído nas datas em que ocorreu o levantamento, tal como apresentado a seguir.

O cálculo da cota a cada ponto medido é dado pela equação 1, onde i representa o instante, variando de 1 a n , m_i representa o valor da maré naquele instante e p_i , a profundidade medida pelo transdutor, já adicionada da distância entre este e a linha da água.

$$Cota_i = m_i - p_i \tag{1}$$

A Figura 6 apresenta o esquema simplificado para a determinação da profundidade local.

3.4 Modelo digital de elevação (MDE) e definição das seções analisadas

Os MDE foram desenvolvidos utilizando o software Autodesk Civil 3D®. Todos os pontos em coordenadas geodésicas foram transformados em coordenadas UTM com o meridiano 45, e devidamente georreferenciados dentro da interface do

programa.

Duas superfícies foram desenvolvidas separadamente, uma para o grupo de pontos de topografia, outra para os de batimetria. Utilizou-se o padrão TIN (Triangulated Irregular Network).

Com isso, definiram-se quatro seções entre o canal seis e a Ponta da Praia, inseridas dentro do programa por uma polilinha, de forma que as superfícies tivessem sobreposição entre si. As seções foram definidas nesta região porque, além de estarem no local mais erodido da área de levantamento, havia uma região de intersecção entre os dados topográficos e batimétricos. Figura 7 estão localizadas as seções a partir das quais se coletaram as informações para as análises.

Além das seções, foi marcado um ponto de referência na cidade de Santos, o aquário municipal, e é possível visualizar também o Canal 6, imediatamente ao lado da seção 4. Na Tabela 1 constam as coordenadas UTM dos pontos iniciais e finais de cada uma das quatro seções analisadas.

Por fim, para cada uma das seções foram extraídas, a cada cinco metros, as cotas de cada uma das superfícies geradas neste estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As superfícies criadas estão apresentadas na Figura 8, é possível observar a região onde elas se sobrepõem, chamada de Ponta da Praia. Nesse local, o intenso processo erosivo observado, permitiu a aproximação da embarcação durante a preamar, de forma que foi possível sobrepor as informações de topografia e batimetria.

As seções analisadas foram numeradas de S1 a S4 e estão apresentadas na Figura 7. Já os perfis das respectivas seções

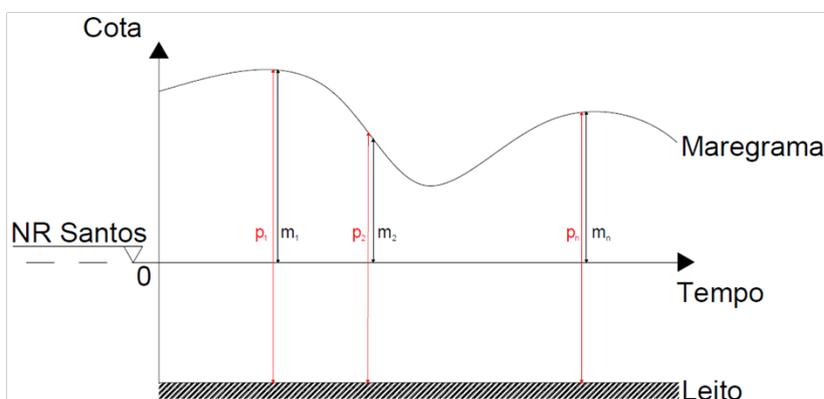


Figura 6: Esquema simplificado para o cálculo da profundidade local.



Figura 7. Localização das seções analisadas.

Tabela 1. Coordenadas UTM dos pontos iniciais e finais de cada uma das seções.

Seção	Coordenadas iniciais		Coordenadas finais	
	Longitude UTM [m]	Latitude UTM [m]	Longitude UTM [m]	Latitude UTM [m]
1	366866.82	7346639.143	366475.1558	7346344.696
2	366853.137	7346690.646	366425.5833	7346394.677
3	366823.827	7346802.357	366390.0239	7346417.37
4	366778.298	7346903.059	366282.6183	7346474.892

estão apresentados na Figura 9, na qual O ponto de partida, ou seja, o zero do eixo das abcissas de cada seção, dá-se no ponto de praia na calçada, e a seção termina no limite dos MDE criados, função dos pontos do levantamento. Ressalta-se que na região das seções S1 e S2 há uma proteção de enrocamento (não há faixa de areia emersa).

A curva NRS representa a topografia corrigida utilizando o nível de redução da marinha em Santos - SP, a NMS está relacionado ao nível médio da água do mar em Santos - SP, NMI está relacionada ao nível do mar em Imbituba - SC (ou seja, o datum vertical brasileiro), e a curva nomeada como Bat - NRS é a batimetria em relação ao nível de redução em Santos.

Na seção 1, apresentada na Figura 9A, é possível observar um pequeno desnível negativo na junção das curvas NRS e Bat -

NRS, inferior a 10 cm. Já na seção 3, Figura 9C, é observado um desnível da mesma ordem, só que desta vez para cima. A junção entre NRS e Bat - NRS, mostrada na Figura 9D, não mostra nenhum desnível, estando perfeitamente encaixada.

A seção 2, apontada na Figura 9B, exibe o maior desnível entre NRS e Bat - NRS, superando os 10 cm no ponto mais crítico. Em todos os casos, o desnível pode ser devido à:

- Diferença temporal entre os levantamentos topográfico e batimétrico, que embora não tenham tido nenhum evento extremo no intervalo, explicaria esta leve alteração no perfil;
- Erros relativos à precisão do levantamento batimétrico. No caso do levantamento batimétrico, podem existir

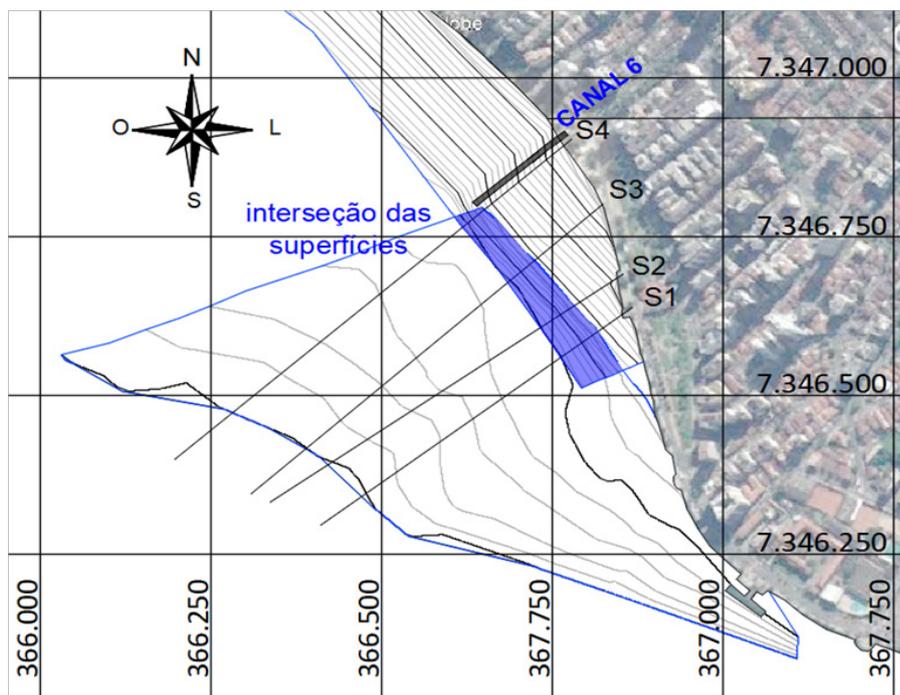


Figura 8: Superfícies topográfica e batimétrica geradas com a interseção entre elas destacada a azul.

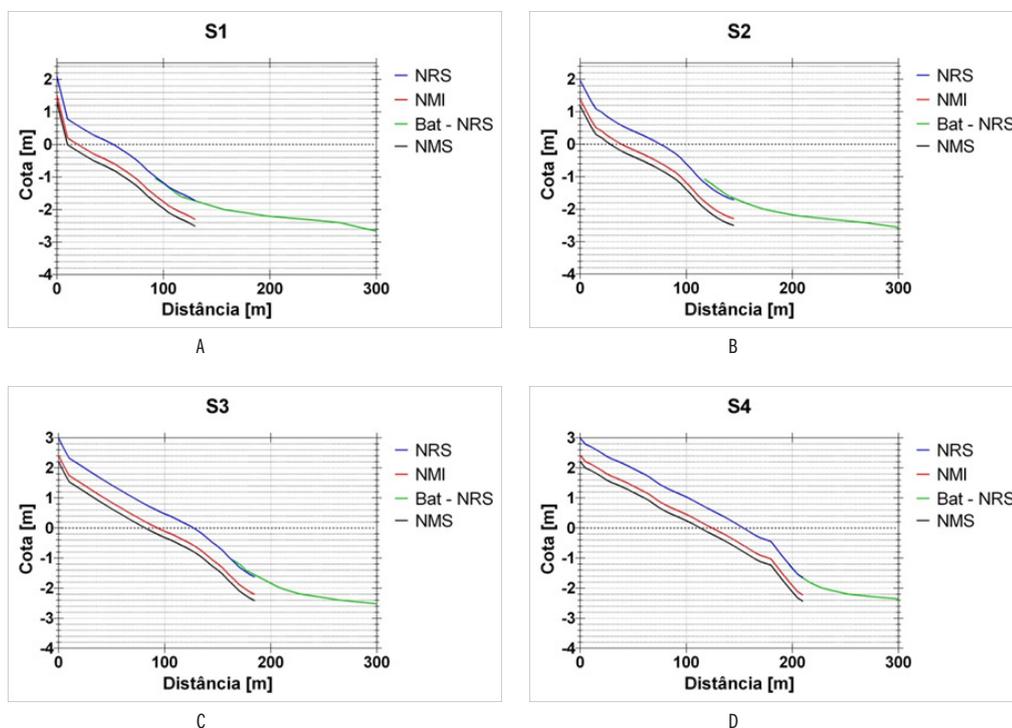


Figura 9: Seções analisadas com seus respectivos resultados para cada um dos referenciais adotados, onde: (A) S1 (B) S2 (C) S3 (D) S4.

pequenas variações no empolamento e defasagens da onda de maré, em função da distância entre os pontos de medição e o ponto de registro de maré de referência (estação da praticagem), utilizado para correção do levantamento batimétrico. Outro efeito que pode reduzir a precisão do levantamento batimétrico é a ação das ondas, que afetam simultaneamente a cota da linha da água e a verticalidade do transdutor;

- Erros relativos à precisão do levantamento topográfico. A precisão da medição topográfica está condicionada à verticalidade do prisma no momento da medição, uma vez que o equipamento, para profundidades como essas, é posicionado visualmente (sem uso da bolha) e mantido em posição pelo operador enquanto nada no seu entorno.

Além disso, as seções medidas pela topografia e batimetria podem não ter ficado perfeitamente alinhadas, tanto em função de dificuldades de manter o alinhamento da embarcação frente a correntes e ondas, quanto da seção topográfica no trecho levantado a nado. Desta forma, a interpolação realizada pelo software Civil 3D para geração dos modelos digitais de elevação (MDE), podem também levar pequenas diferenças entre as cotas reais e aquelas medidas sobre a superfície em pontos não coincidentes aos efetivamente medidos. Apesar dessas pequenas diferenças observadas, fica evidente o bom ajustamento entre as informações levantadas a partir tanto da topografia quanto da batimetria, validando assim, o método de medição aqui proposto.

Já ao se comparar os perfis batimétricos com os topográficos referenciados nos outros data verticais analisados, fica evidente a falta de ajustamento. Na Figura 10 apresenta-se um zoom na região de junção entre batimetria e topografia de S1, sendo possível visualizar que esta diferença de referencial acarreta diferenças de mais de 50 cm, que projetada para a horizontal levando-se em consideração a declividade do perfil, acarretaria em um deslocamento horizontal de 20 m entre os perfis. Este deslocamento tem valores de 15 m, 15 m e 10 m, para S2, S3 e S4, respectivamente.

É importante salientar a mudança do declive no trecho submerso da praia, entre 150 e 300 m, onde há uma mudança substancial no comportamento de todos os perfis, Figura 11.

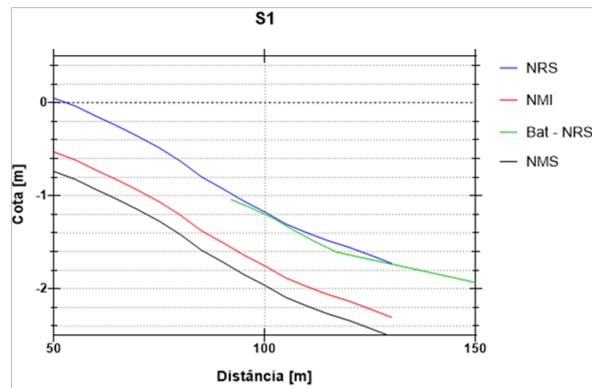


Figura 10. Zoom na região da cota -1,20 m de S1, com destaque para o deslocamento horizontal.

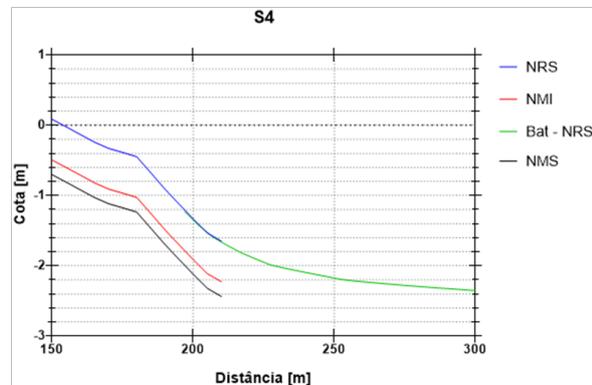


Figura 11. Zoom na região de mudança de declividade de S4, com destaque para a diferença.

As linhas a traço e ponto representam os declives de cada um dos trechos, a parte emersa da praia a azul, comumente levantada a partir da topografia, e a parte submersa do perfil a verde, correspondente ao levantamento batimétrico. A diferença entre elas é de 20°, o que para essa seção específica representa uma diferença de área, caso se faça uma extrapolação simples a partir do nível zero de referência, de 1226,7 m³/m no cálculo do balanço sedimentar, isso se for considerado o mesmo referencial.

Na tabela 2 estão resumidas as diferenças das cotas para os pontos da poligonal de acordo com o referencial adotado, onde a Cota IBGE está referenciada a Imbituba, NRS é o nível de redução em Santos e NMMS o nível médio da água do mar em Santos.

Os levantamentos realizados mostram que o nível médio da água do mar tem uma diferença de 20,9 cm entre as cidades de Santos - SP e Imbituba - SC, que estão a uma distância

Tabela 2: Cotas nos pontos da poligonal de acordo com o referencial adotado.

Ponto	Leste [m]	Norte [m]	Cota IBGE [m]	Cota NRS [m]	Cota NMMS [m]
PC	366974.817	7346298.713	1.947	2.526	1.738
PB	366942.468	7346363.208	1.929	2.508	1.720
PA	366921.7162	7346436.817	2.086	2.665	1.877
SO	366889.1862	7346554.145	2.253	2.832	2.044
Aux1	366873.4775	7346619.775	2.442	3.020	2.232
P1	366848.516	7346711.453	2.445	3.024	2.236
P2	366827.481	7346791.063	2.403	2.982	2.194
P3	366707.565	7346861.729	2.055	2.634	1.846
Aux3	366481.354	7347207.539	2.343	2.922	2.134

de aproximadamente 700 km entre si, muito superior ao valor estimado a partir da Figura 1, de aproximadamente 5,0 cm (Ribeiro e Luz, 1991 apud Luz *et al.*, 2002). Já a diferença observada entre o NR dali e o valor do nível médio da água do mar de Imbituba foi de 57,9 cm.

Um desnível dessa magnitude pode acarretar uma diminuição na precisão de estudos referentes a balanço sedimentar em determinada região, já que a utilização de referenciais distintos para topografia e batimetria, associados a algum tipo de extrapolação, em caso de não sobreposição dos dados topográficos e batimétricos, podem afetar significativamente os valores encontrados. Esquemáticamente, a diferença entre os níveis da água do mar em Santos - SP em Imbituba - SC consta na Figura 12.

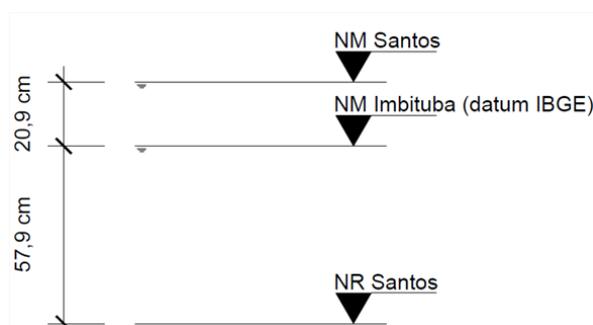


Figura 12: Diferenças entre os níveis do mar em Santos e em Imbituba.

Se for considerada a taxa de aumento do nível do mar em Imbituba - SC em 2,4 mm/ano entre 2007 e 2014 (Silva *et al.*, 2016), e for adotada como constante para os anos subsequentes, chega-se a uma elevação total de 2,4 cm até

ao momento dos levantamentos realizados para o presente estudo. Com isso, a diferença entre os NMM de cada uma das duas localidades seria reduzida para 18,5 cm.

Se essa taxa fosse constante a partir do ano de implantação do datum vertical em Imbituba - SC, que aconteceu no ano de 1957 (Silva e Segantine, 2015), a elevação do nível médio daquele local seria de 14,64 cm, o que resultaria numa diferença entre os NMM de 6,26 cm. Obviamente esta é uma suposição, mas que, se comparada ao sugerido na Figura 1 em relação à variação do nível do mar na costa brasileira, apresenta coerência.

As diferenças medidas sugerem que a utilização do nível de referência vertical de Imbituba - SC em Santos - SP, pode afetar de forma significativa obras que dependam do nível da água do mar. Isso porque, como mostra a Figura 10, até mesmo a área de inundação pode ser diferente, afetando a segurança das obras, ou mesmo tendo efeitos negativos na drenagem urbana (Luz e Guimarães, 2003 apud Lopes 2006). Outro ponto que pode ser afetado é a utilização de obras de proteção costeira submersas, como as propostas por Garcia e Gireli (2019), já que, mesmo utilizando equipamentos de alta precisão, estas poderiam ficar até mais de meio metro emersas em baixa-mares de sizígia caso a referência de nível utilizada não fosse adequadamente determinada ou corrigida.

5. CONCLUSÕES

Em relação aos processos de acompanhamento da evolução da linha de costa, os cálculos de volume para inferir a situação do balanço sedimentar, e evolução dos processos erosivos, a

utilização de um mesmo referencial é suficiente para garantir a precisão das informações levantadas, conforme o estudo de Ferreira *et al.* (2014).

Entretanto, a utilização de referenciais diferentes, como NMM Imbituba para topografia, e NR Santos para batimetria, podem gerar resultados bastante discrepantes, dadas as diferenças constatadas de 20,9 cm para os NMM e 57,9 cm para o desnível entre o NR de Santos e o NMM em Imbituba - SC. A comparação entre os valores da diferença entre o NMM em Imbituba e Santos pelo nivelamento geométrico realizado, e a variação estimada por Ribeiro e Luz (1991) apud Luz *et al.* (2002), conduz a uma discrepância de 15,9 cm, que corresponde a uma variação horizontal de 6,8 m, para um declive de 2,35 cm/m considerando apenas a região emersa.

Contudo, não é possível inferir se a variação ao longo da costa foi proporcional ao observado em Imbituba - SC por Silva *et al.* (2016), já que estes estudos não correlacionaram os marégrafos ao longo do espaço, de forma que as diferenças descritas por Ribeiro e Luz (1991) apud Luz *et al.* (2002) podem ser diferentes atualmente, já que muitos fatores podem influenciar o prisma de maré e consequentemente o nível da água do mar no local observado.

Em relação à implantação de obras em municípios costeiros, é aconselhável que se faça a consideração sobre o nível da água do mar local quando da concepção de projetos e execução das mesmas, já que, conforme demonstrado, até mesmo a área de inundação pode ser distorcida de forma significativa, podendo afetar o bem-estar da população local. Na região de estudo, por exemplo, a diferença de 57,9 cm poderia acarretar uma distância inundada de 24,6 m, considerando a mesma declividade supracitada.

O atual Sistema de Referência Vertical está baseado numa série muito antiga e curta. Considerando o atual estágio de conhecimento, e todas as considerações feitas pelos diversos estudos analisados, é necessário que se faça uma atualização e modernização do Sistema Geodésico Brasileiro. Entretanto, enquanto não existe um sistema de referência que considere estas variações espaciais e temporais, a recomendação passa pela realização de nivelamentos geométricos entre diferentes referências de nível, corroborando as recomendações da Marinha do Brasil e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, como a realizada no presente estudo, a fim de verificar as diferenças e corrigi-las.

Considerando as variações aqui observadas, e as estimativas de acordo com a posição na costa, não é possível inferir quão

lineares elas são. Efeitos como o empolamento das ondas de maré em regiões estuarinas, a posição dos marégrafos ou mesmo as variações do nível da crosta podem afetar o NM local. Sem informações mais detalhadas de maré de Imbituba - SC não é possível verificar estas divergências.

Por fim, destaca-se que na região entre a linha de água e a zona de rebentação, não se fazem levantamentos de precisão, a menos que as condições de variação de maré e declividades de praia permitam que as embarcações possam cobrir parte desta área com equipamentos tais como ecobatímetros. Justamente nesta região ocorre a maior movimentação de sedimentos devido ao transporte costeiro longitudinal. O prolongamento dos perfis topográficos além da linha de água mostrou uma boa precisão, podendo ser adotado em situações em que as condições hidrodinâmicas permitam que o operador possa executar o perfil a nado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernabeu, A. M.; Medina, R.; Vidal, C. (2003) - *Wave Reflection on Natural Beaches: an Equilibrium Beach Profile Model*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. (ISSN 0272-7714) Spain, v. 57, p. 577-585.
- Bird, E. C. F. 1985. *Coastline changes: a global review*. Chichester, UK: Wiley and Sons.
- Dean, R. G. (1977) - *Equilibrium Beach Profiles: US Atlantic and Gulf Coasts*. *Department of Civil Engineering, Ocean Engineering Report*, n. 12, University of Delaware, Newark, DE.
- Dalazoana, R.; Luz, R. T.; Freitas, S. R. C. (2005) - *Estudos do NMM a Partir de Séries Temporais Maregráficas e de Altimetria por Satélites Visando a Integração da Rede Vertical Brasileira ao SIRGAS*. *Revista Brasileira de Cartografia* (ISSN 1808-0936), S.I., v. 2, n. 57.
- Delta, Delta Economics & Finance. (2014) - *Especial: Maiores e Melhores Cidades do Brasil: Retrato Desigual*. *América Economia*, p. 24. Disponível em: <https://deltaefrankings.files.wordpress.com/2014/11/rae-ranking-de-cidades-20141.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2019.
- Esteves, L. S.; Toldo Jr., E. E.; Dillenburger, S. R.; Tomazelli, L. J. (2002) - *Long- and Short-Term Coastal Erosion in Southern Brazil*. *Journal Of Coastal Research*, [s.l.], v. 36, p.273-282, Coastal Education and Research Foundation. <http://dx.doi.org/10.2112/1551-5036-36.sp1.273>.
- Ferreira, A. T. da S.; Amaro, V. E.; Santos, M. S. T. (2014) - *Geodésia Aplicada à Integração de Dados Topográficos e Batimétricos na Caracterização de Superfícies de Praia*. *Revista Brasileira de Cartografia* (ISSN 1808-0936), Rio de Janeiro, v. 1, n. 66, p.167-184.
- Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas - FUNDESPA (2013) "Anexo 3 RDC - 120612: *Análise Histórica dos Registros de Ressacas*

- ocorridos na região da Baía e Estuário de Santos (jul. 2013)". Santos: CODESP/FUNDESPA.
- Garcia, P. D.; Gireli, T. Z. (2019) - *Um Projeto Piloto de Recuperação de Uma Praia Utilizando um Quebramar Submerso - Ponta da Praia, Santos, Brasil. Revista de Gestão Costeira Integrada* (ISSN 1646-8872), [s.l.], v. 19, n. 1, p.43-57. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rgci-n240>.
- Garcia, P.D.; Gireli, T.Z.; Venancio, K.K. (2018) - *Projeto Piloto Para Monitoramento e Contenção da Erosão da Ponta da Praia - Santos (SP). Proceedings XXVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica (Buenos Aires, Argentina)*, v.4, pp. 2487- 2497, ISSN 978-978-45194-7-4.
- García-Rubio, G.; Huntley, D.; Russell, P. (2015) - *Evaluating Shoreline Identification Using Optical Satellite Images. Marine Geology* (ISSN 0025-3227), [s.l.], v. 359, p.96-105. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2014.11.002>.
- Hagenaars, G.; Vries, S.; Luijendijk, A. P.; Boer, W. P.; Reniers, A. J. H. M. (2018) - *On the Accuracy of Automated Shoreline Detection Derived from Satellite Imagery: A Case Study of the Sand Motor Mega-scale Nourishment. Coastal Engineering* (ISSN 0378-3839), [s.l.], v. 133, p.113-125. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coastaleng.2017.12.011>.
- Hallermeier, R. J. (1981) - *A Profile Zonation for Seasonal Sand Beaches from Wave Climate. Coastal Engineering* (ISSN 0378-3839). USA, v. 4, p. 253-277.
- Isla, F. I.; Cortizo L.; Merlotto, A.; Bértola, G.; Albisetti, M. P.; Finocchietti, C. (2018) - *Erosion in Buenos Aires province: Coastal-management Policy Revisited. Ocean e Coastal Management* (ISSN 0964-5691), [s.l.], v. 156, p.107-116. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.09.008>.
- Italiani, D. M. (2014) - *Resposta Morfodinâmica à Alimentação Artificial da Ponta da Praia, Santos, SP. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Geológica)* - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 93 f.
- Lopes, A. B. (2006) - *O Geóide Gravimétrico e o Nível do Mar na Região do datum Altimétrico Brasileiro: Um Estudo Comparativo*. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geofísica, Usp, São Paulo.
- Luz, R. T. (2016) - *Cálculo de Altitudes Científicas e sua aplicação no Reajustamento da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro. Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 61, n. 1, p.79-97.
- 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, Recife - Pe. Anais... . Recife - Pe*.
- 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: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA, 7., 2002, Santiago. Anais... . Santiago, Chile*.
- Marchesiello, P.; Nguyen, N. M.; Gratiot, N.; Loisel, H.; Anthony, E. J.; Dinh, C. S.; Nguyen, T.; Almar, R.; Kestenare, E. (2019) - *Erosion of the Coastal Mekong Delta: Assessing Natural Against Man Induced Processes. Continental Shelf Research* (ISSN 0278-4343), [s.l.], p.0-1. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2019.05.004>.
- MARMIL - Centro de Hidrografia da Marinha, 2015. Marinha do Brasil. Disponível online em: http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-raster/raster_disponiveis.html. Acesso em: 24 mai. 2019.
- Marinha do Brasil (2020) - Descrição da estação maregráfica da Praticagem em Santos/SP. Disponível online em: https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br/chm/files/dados_de_mare/50227_-_praticagem_santos_f-41_padrao_v1-17.pdf
- Martínez, M.L.; Intralawan, A.; Vásquez G.; Pérez-Maqueo, O.; Sutton, P.; Landgrave R. (2007) - *The Coasts of Our World: Ecological, Economic and Social Importance. Ecological Economics* (ISSN 0921-8009), [s.l.], v. 63, n. 2-3, p.254-272. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.10.022>.
- Mentaschi, L.; Vousdoukas, M. I.; Pekel, J.; Voukouvalas, E.; Feyen, L. (2018) - *Global Long-term Observations of Coastal Erosion and Accretion. Scientific Reports* (ISSN 2045-2322), [s.l.], v. 8, n. 1, p.1-11, 27. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-30904-w>.
- Mcdougall, C. (2017) - *Erosion and the Beaches of Negril. Ocean e Coastal Management* (ISSN 0964-5691), [s.l.], v. 148, p.204-213. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.08.008>.
- Muehe, D. (2006) - *Erosion in the Brazilian Coastal Zone: An Overview. Journal Of Coastal Research* (ISSN 0749-0208), [s.l.], p.43-48.
- Muehe, D. (Org). (2018) - *Panorama da Erosão Costeira no Brasil*. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Territorial. Brasília, Brasil. Disponível online em http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80342/Panorama_erosao_costeira_Brasil.pdf
- Nightingale L. (2017) - *One Hundred Ports. Containerization International, Lloyd's List*, p. 20-21. Disponível em: <https://sdwrecruit.co.uk/wp-content/uploads/2017/10/Lloyds-List-Top-100-Ports-2017-Report.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2019.
- Oliveira, Julio F. de; Barboza, Eduardo G.; Martins, Eduardo M.; Scarelli, Frederico M. - *Geomorphological and stratigraphic analysis applied to coastal management. Journal Of South American Earth Sciences*, [s.l.], v. 96, p. 102358-102567. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102358>.

Semeoshenkova, V.; Newton, A. (2015) - *Overview of Erosion and Beach Quality Issues in Three Southern European Countries: Portugal, Spain and Italy*. *Ocean e Coastal Management* (ISSN 0964-5691), [s.l.], v. 118, p.12-21. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.08.013>.

Silva, L. M.; Freitas, S. R. C.; Dalazoana, R. (2015) - *Análise de Séries Temporais Maregráficas Correlacionadas com Observações GNSS no Datum Vertical Brasileiro de Imbituba-SC*. *Revista Brasileira de Cartografia* (ISSN 1808-0936), S.l., v. 1, n. 68, p.73-90.

Silva, I.; Segantine, P. C. L. (2015) - *Topografia para engenharia: Teoria e prática de geomática*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., Cap. 3. p. 22-75.

SONDOTÉCNICA ENGENHARIA DE SOLOS S.A., 1977. *Comportamento hidráulico e sedimentológico do Estuário Santista*. Relatório Final e Desenhos. São Paulo: Portobrás/INPH.

Souza, C.R.G., Souza, A.P., Ferreira, R.S., 2012. *Monitoramento Praial antes e durante as obras de dragagem do Porto de Santos, São Paulo (Brasil)*. In: Congresso Iberoamericano De Gestión Integrada De Áreas Litorales, I, 2012, Espanha. v. 1. Disponível on line em: https://www.researchgate.net/publication/303299539_Monitoramento_Praial_antes_e_durante_as_obras_de_dragagem_do_Porto_de_Santos_Sao_Paulo_Brasil. (Accessed 2 March 2020).

Vos, K.; Harley, M. D.; Splinter, K. D.; Simmons, J. A.; Turner, I. L. (2019) - *Sub-annual to Multi-decadal Shoreline Variability from Publicly Available Satellite Imagery*. *Coastal Engineering* (ISSN 0378-3839), [s.l.], v. 150, p.160-174, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.04.004>.