

DELIMITAÇÃO DO TERRENO DE MARINHA: ESTUDO DE CASO NO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL

The Limits of Federal Marine Lands: A Case Study in the Coast of Rio Grande Do Sul

Ronaldo dos Santos da Rocha¹, Elírio E. Toldo Jr.² & Jair Weschenfelder²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Laboratório de Cartografia Aplicada. Depto de Geodésia – IGEO
Av. Bento Gonçalves 9500, IGEO/UFRGS – Porto Alegre – RS – Brasil
ronaldo.rocha@ufrgs.br

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica CECO/IGEO
Av. Bento Gonçalves 9500, IGEO/UFRGS – Porto Alegre – RS – Brasil
{toldo, jair.weschenfelder}@ufrgs.br

Recebido em 27 de Outubro, 2014/ Aceito em 10 de Outubro, 2015
Received on October 27, 2014/ Accepted on October 10, 2015

RESUMO

Este trabalho apresenta um método híbrido de identificação de terrenos de marinha no litoral médio do Rio Grande do Sul - RS, utilizando dados geológicos coletados nas últimas décadas, informações maregráficas da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN e processamentos geodésicos, referenciando as informações regionais de linha de praia, nível médio do mar e linha de preamar - LPM. Ao final observa-se que parte do litoral médio do Rio Grande do Sul, apresenta um avanço da linha de praia em direção ao mar, caracterizando nestes locais um acréscimo de área aos terrenos de marinha. Em outras situações o recuo da linha de praia, ou seja, uma retração da zona costeira em relação ao mar, e nestes casos tornando submersos os terrenos de marinha.

Palavras-chave: Terrenos de Marinha, Linha de Preamar Média.

ABSTRACT

This paper presents a hybrid method to identification of the Federal Marine Lands (Terrenos de Marinha) in the middle coast of Rio Grande do Sul - RS, using geological data collected in recent decades, tide information from Hydrography and Navigation Board - DHN and geodetic processing, referencing the regional information of the beach line, sea level and high tide line - LPM. Finally, the authors observed that part of the middle coast the beach line moves toward the sea, featuring advance area to Marine Lands. In addition, the retreat of the beach line, i.e. a decrease of the coastal zone in relation to the sea, and thus submerging the Marine Lands.

Keywords: Marine Lands, High Tide Average Line.

1. INTRODUÇÃO

Terrenos de Marinha são faixas de terras de propriedade da União, definidos como todo terreno em uma profundidade de 33 m na horizontal, medidos em direção à parte da terra, a partir da posição da linha de preamar média do ano de 1831, no litoral brasileiro (Brasil, 1946 - Decreto Lei Nº 9760). Para tanto, os registros das variações de maré foram feitos com base no marégrafo implantado no Porto do Rio de Janeiro (RJ), naquela data.

Um país com dimensões continentais e um litoral com milhares de quilômetros de extensão, como é o caso do Brasil, torna-se extremamente difícil identificar a linha de preamar – LPM, do ano de 1831, e conseqüentemente demarcar os terrenos de marinha, particularmente nas áreas de terras baixas ao longo de planícies costeiras, onde a ausência de referenciais topográficos, geodésicos, cartográficos e maregráficos inviabiliza este tipo de levantamento.

Além das limitações operacionais para realizar a demarcação do terreno ocorrem outras em razão do tempo decorrido da promulgação do Decreto Lei. As áreas costeiras não rochosas estão sujeitas a uma variedade de impactos naturais, que incluem inundações associadas às ressacas e tempestades, bem como as próprias variações relativas do nível do mar em escala de longo prazo (séculos e milênios). Também, os avanços e retrações da linha de praia induzidas pela dinâmica sedimentar através da deposição ou erosão em diferentes escalas espaciais e temporais implicam em ganho ou perda de áreas costeiras.

Segundo Lima (2002), existem indícios de que o nível médio dos mares sofreu elevação com variações centimétricas, quase métrica, ao longo dos últimos 180 anos. A complexidade deste processo e suas implicações na definição da linha de preamar de 1831 podem também ser analisadas no trabalho de Emery e Aubrey (1991). Para estes autores, as variações de níveis dos continentes e as variações de níveis do mar em escala de longo prazo tornam relativos os resultados destas medidas. A partir de registros de marégrafos com séries de dados superiores a 10 anos, estes autores mapearam o comportamento de áreas costeiras no continente sul-americano e observaram o predomínio do

processo de subsidência do terreno ao longo do litoral brasileiro, em locais como Belém, Fortaleza, Salvador, Rio de Janeiro e Imbituba, mas também foram identificadas áreas com soerguimento, tais como em Recife e Mar del Plata (Argentina).

De outro modo, a identificação precisa da linha de praia através de uma feição física e seu movimento através do tempo, possibilita uma análise mais consistente dos resultados associados aos processos descritos anteriormente, bem como a extensão destes impactos naturais. A taxa de mobilidade da praia é muito importante para as pessoas e para o governo na tomada de decisões, nos planos de desenvolvimento e ocupação de áreas costeiras e nos programas de usos da terra. Entretanto, por causa da variabilidade natural das praias arenosas, da sua natureza particular e sua evolução ao longo do tempo, é muito difícil selecionar a feição morfológica que possa representar a linha de praia (PAJAK & LEATHERMAN, 2002). Segundo estes autores, a escolha deve ser prática, e principalmente, a feição deve existir consistentemente ao longo de toda área investigada.

Neste trabalho é analisado o método empregado para subsidiar os procedimentos topográficos e geodésicos, utilizados na investigação das mudanças da posição da linha de praia para fins da demarcação do terreno de marinha, aplicado a um trecho do litoral médio do Rio Grande do Sul - RS, região submetida a um regime de ondas de elevada energia e marés de pequena amplitude.

2. ÁREA DE ESTUDO

O Rio Grande do Sul possui uma extensa costa de 615 km que se desenvolve sobre uma barreira Holocênica, constituída predominantemente por areias finas, com uma uniforme orientação NE-SW e uma leve sinuosidade, a qual não recebe uma contribuição de areias modernas continentais. A carga total de tração transportada pelos rios da bacia de drenagem de Sudeste é retida nas lagoas e outros ambientes costeiros, como por exemplo, a Lagoa dos Patos (Figura 1), (TOLDO, 1989).

Os sedimentos do sistema praiial - campos de dunas, pós-praia, zona de surf, e antepraia - consistem principalmente de areias finas bem selecionadas ($M_z = 0,2 \text{ mm}$) (SIEGLE 1996,

NICOLODI *et al.*, 2002). Uma condição de ondulações gerada no Oceano Atlântico Sul e vagas geradas pelo forte vento de NE, durante o verão e primavera, atuam sobre o litoral do estado. A agitação marinha é caracterizada por ondas de médio a alto grau de energia, com uma altura significativa de 1,5 m e período entre 7 e 9 s. A maré astronômica é semi-diurna, com amplitude média de 0,25 m. A maré meteorológica pode alcançar 1,20 m e a profundidade de fechamento foi estimada em 7,5 m (ALMEIDA *et al.*, 1997, 1999).

A Plataforma Continental tem largura superior a 150 km, com profundidades máximas variando entre 100 e 140 m e suave declividade de 0,5 a 1,5 m/km (MARTINS & CORRÊA, 1996). A antepaia é extensa e rasa com limite externo entre as profundidades de 10 e 15 m, e constituída por depósitos arenosos. Conseqüentemente, o transporte e a deposição dos sedimentos ao longo da costa são primariamente dominados pela ação da onda.

A distribuição das direções da corrente litorânea ao longo da costa é muito regular, tanto para SW, quanto para NE, num padrão claramente bidirecional. Segundo NICOLODI *et al.* (2002), entre 1996 e 1997 ocorreu um predomínio da corrente para SW com valores médios de 62,8 e 54,8 %, respectivamente, enquanto que entre 1998 e 1999 observou-se inversão, com a corrente para NE apresentando valores de 54 e 51,2 %. Também, pode-se afirmar que a bidirecionalidade tem componente sazonal, governada pelas variações dos parâmetros climáticos. Nos meses de Outubro à Março é marcante o predomínio de correntes para SW, e em Maio e Agosto esse domínio é para NE.

A área de estudo compreende o litoral médio do estado, limitado ao sul pela desembocadura da Lagoa dos Patos – praia do Mar Grosso, município de Rio Grande, e ao norte pela praia de Dunas Altas, município de Quintão, numa extensão aproximada de 275 km (Figura 1).

3. MÉTODO

Para a identificação da LPM na região de estudos há necessidade de integrar os estudos de geologia costeira ao sistema Geodésico Brasileiro. Neste trabalho adotou-se como Sistema Geodésico Brasileiro o SIRGAS - 2000, Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas.



Fig 1 - Localização da área de estudo ao longo do litoral médio do estado do Rio Grande do Sul numa extensão aproximada de 275 km (modificado de TOLDO *et al.*, 2013).

O método de transporte de coordenadas escolhido foi o GNSS, com receptores geodésicos de dupla frequência. Desta forma transporta-se para a região uma estrutura geodésica composta por pontos materializados no terreno, localizados nos eixos dos perfis longitudinais da praia. Estes pontos são dotados de latitude, longitude e altitude geométrica.

Para a amarração planimétrica foram utilizadas as estações da RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (POAL) e o marco Mostarda, da Rede Geodésica Estadual - RS. O método escolhido para o transporte de coordenadas foi o Estático com tempo de rastreamento de 4 horas.

Para a materialização das informações maregráficas (linha de preamar média e nível médio do mar) há necessidade de se trabalhar com altitudes ortométricas. A transformação das altitudes geométricas em ortométricas deu-se através da determinação da Ondulação Geoidal (N).

O método escolhido para determinação de N consiste na comparação das altitudes ortométricas obtidas nas RRNN da Rede altimétrica Brasileira comparada com a altitude geométrica, obtida pelo rastreamento GNSS, de acordo com a equação 01.

Para converter altitude geométrica obtida através do método GNSS em Altitude ortométrica, utiliza-se a equação:

$$H = h - N \quad (1)$$

onde (h) é a altitude geométrica, (H) altitude ortométrica e N é a ondulação geoidal, dentro da convenção que considera o geóide acima do elipsóide se a altura geoidal tiver valor positivo e abaixo em caso contrário.

Próximo a região de estudos foram encontradas duas RRNN. Estas foram rastreadas e seus arquivos foram processados para a obtenção da altitude geométrica, com base na expressão 1 obtém-se a ondulação geoidal da região.

Como a RN mais próxima encontra-se a 20 km da área de estudo, adotou-se o procedimento híbrido, utilizando a superfície do modelo MAPGEO-2010 e refinando os valores com os dados obtidos sobre as RRNN. A diferença entre N obtido sobre as RRNN e N obtido através do MAPGEO-2010 foi de 0,09m.

Após estes procedimentos tem-se a materialização do SGB na região, com pontos de coordenadas Latitude, Longitude e altitudes ortométricas amarradas ao Referencial Vertical Brasileiro.

4. PROCEDIMENTOS TOPOGRÁFICOS E GEODÉSICOS

A declividade média da região foi obtida com base em levantamentos anteriores, de trabalhos já realizados ao longo do litoral médio e norte do RS, tal como o levantamento de perfis praias realizado por Weschenfelder e Ayup-Zouain (2002). Para a região de Dunas Altas os dados morfométricos do perfil praias foram obtidos com emprego da técnica LiDAR (Light Detection and Ranging), no mapeamento realizado em julho de 2010 com um laser scanner, modelo ALTM 2050 (VIANNA & CALLIARI, 2012). Segundo estes autores a precisão do levantamento é de 0,50m na planimetria e 0,15m na altimétrica.

Para a identificação e transporte das referências altimétricas são definidos o nível médio do mar, a linha de praia e a preamar atual da região. O nível médio é transferido para a

região através do transporte de altitude partindo de RRNN do circuito fundamental da Rede Geodésica Brasileira.

Uma vez conhecidas as variações das posições dos referenciais altimétricos na região do litoral médio do RS, definem-se pontos de referência no local de estudo e são medidos vários perfis longitudinais para estudo da declividade da pós-praia e planície costeira adjacente. Define-se então a diferença entre o nível médio dos mares no local e a preamar média dos períodos monitorados.

A Figura 2 apresenta um dos perfis longitudinais para definir a declividade da pós-praia e materializar os referenciais altimétricos.

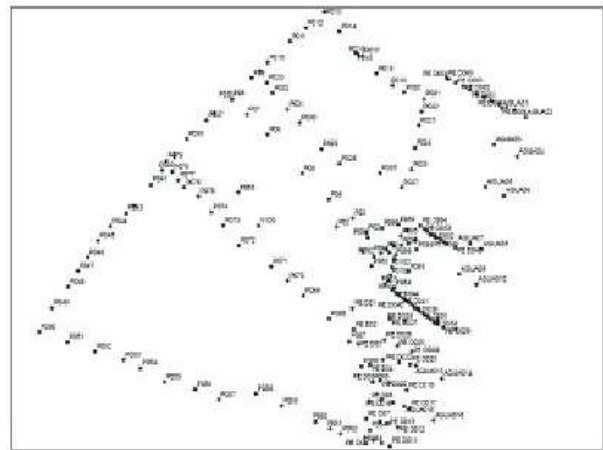


Fig. 2 - Definição da declividade em Dunas altas-RS e materialização dos referenciais altimétricos.

Identificadas as variações do nível médio transportado, linha de praia, declividades regionais e variações maregráficas, consegue-se calcular a preamar média estimada e demarcar sua posição no terreno. Posteriormente são desenvolvidos estudos de propagação dos erros inerentes do método aplicado, para definir ainda a faixa de incerteza, com possibilidades de variação posicional planimétricas e altimétricas.

5. MOBILIDADE DE LINHA DE PRAIA

O plano para o levantamento da linha de praia no litoral consiste em medir a posição do perfil longitudinal da linha d'água, tomando-o como perfil representativo da posição da linha de praia (TOLDO, et al. 1999), a qual corresponde à linha de espraiamento da onda ou linha de swash. Esta feição é facilmente identificada ao longo de toda a praia monitorada (Figura 3).



Fig. 3 - Levantamento da linha de praia com sistema de posicionamento global – GPS, fixado num veículo que se desloca ao longo da linha de água associada ao espraiamento da onda (TOLDO & ALMEIDA 2003).

Entre todos os indicadores possíveis de serem empregados na área de estudo, a linha da água é o mais prático, principalmente, por causa de sua continuidade e também porque se constitui num indicador que possibilita a repetição das medidas. Segundo MORTON E SPEED, (1998, *apud*. PAJAK E LEATHERMAN, 2002), a principal desvantagem é que a linha não é um indicador morfológico. E, também, é um indicador que não mantém o mesmo plano horizontal ao longo do tempo. As principais imprecisões decorrentes desse método estão associadas à amplitude das marés astronômica e meteorológica, ao *run up* da onda e as variações da declividade da face praial.

No campo, os levantamentos consistem na aquisição de dados utilizando medições GNSS -Método Relativo Cinemático, através de antena acoplada em veículo de campo, com precisão centimétrica, tanto na planimetria quanto na altimetria, o qual se desloca a uma velocidade de 50 km/h. A taxa de aquisição para ambos os equipamentos foi de 5 s, o que permitiu a geração de arquivos que pós processados estabeleceram uma linha do litoral com precisão de 3 m (TOLDO *et al.* 1999, TOLDO & ALMEIDA 2003).

No presente estudo a linha de praia determinada em abril de 2002 foi comparada com aquela obtida em abril de 2013. A análise temporal entre estes dados foi desenvolvida através de técnica de geoprocessamento usando *software IDRISI* (Clark University), e não foram

consideradas as variações menores que 6,30 m, por não se dispor de dados para controle das variações da maré astronômica e da declividade da face praial durante o tempo decorrido nos trabalhos de campo. Os resultados mostraram que ao longo do litoral médio, entre a desembocadura da Lagoa dos Patos e a praia de Dunas Altas, numa extensão de 275 km, foi registrado um acentuado processo erosivo na região do Farol da Conceição, e dois trechos de praia onde foram mapeadas áreas estáveis e em progradação; as praias de Mostardas e Dunas Altas, numa extensão de 35 e 31 km, respectivamente (Figura 1).

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na descrição dos métodos empregados em levantamentos da posição da linha de praia são apresentadas técnicas tradicionais, como por exemplo, a comparação de mapas históricos, e mais recentemente as modernas e precisas técnicas derivadas do emprego do Método de posicionamento global - GNSS. Entretanto, permanece a discussão sobre qual o indicador da linha de praia a ser monitorado. As principais feições utilizadas e descritas na literatura são:

- Linha de vegetação,
- Crista da duna frontal,
- Pé da duna frontal,
- Crista do berma,
- Limite entre a praia úmida e a praia seca,
- Linha da maré alta,
- Linha d'água.

A linha d'água adotada nos levantamentos de campo descritos anteriormente, no capítulo de metodologia, corresponde à linha de espraiamento da onda ou linha de *swash*. Para as praias oceânicas do RS a linha está situada a aproximadamente 16 m do nível médio do mar, tendo em consideração as características de altura e o comprimento da onda, bem como a declividade média da face praial.

Segundo McCurdy (1947, *apud* PAJAK & LEATHERMAN, 2002), em fotografias aéreas a linha d'água constitui-se no melhor indicador do limite físico entre o oceano e o continente. A Figura 3 mostra que esta identificação também ocorre com facilidade ao longo do deslocamento sobre a praia monitorada. Entre todos os indicadores a linha d'água é o mais prático, principalmente, por causa da continuidade ao longo de toda área investigada, e também

porque torna possível a repetição das medidas, a semelhança da linha de maré alta.

Portanto, os principais erros decorrentes do levantamento da linha de praia, com base no indicador da linha d'água, estão associados à amplitude da maré astronômica e da maré meteorológica, *run-up* e declividade da face da praia, conforme descrição apresentada abaixo:

6.1 A amplitude da maré astronômica

Com valor médio de 0,25m pode gerar um deslocamento de 7,5m no plano horizontal, pois o levantamento de campo foi realizado sobre a face de praia com declividade média de 1/30. Entretanto, a dificuldade do monitoramento dos valores máximos e mínimos da amplitude da maré durante o levantamento, torna necessário considerar tal deslocamento no cálculo da taxa de mobilidade da linha de praia.

6.2 A amplitude da maré meteorológica

O valor de 1,2m pode gerar um erro maior que 35 m no plano horizontal, para uma declividade média da face praial de 1/30. Entretanto, este fator de erro foi monitorado com antecedência, através do uso de informações sobre a probabilidade da entrada de frentes frias ou tempestades no litoral sul do país, antes do início da coleta de dados no campo. De modo que os levantamentos foram realizados sem a influência deste fenômeno.

6.3 O *run-up* da onda

Para as praias do litoral do Rio Grande do Sul tem um valor aproximado de 0,55 m, o qual associado à declividade média da face da praia resulta em um espraiamento médio da onda de 16 m. A ocorrência deste fator de erro, ou seja, a variação para mais ou para menos do espraiamento acontecerá caso ocorra uma variação na altura significativa da onda durante o levantamento. Neste caso, também foram utilizadas as previsões oceanográficas para conduzir o levantamento em dias subsequentes que não apresentassem variações da altura significativa da onda.

6.4 As variações médias da declividade da face da praia entre 1/20 e 1/40

Verificados em trabalhos anteriores sobre morfodinâmica praial, são induzidas

por fatores climáticos sazonais ou pelas modificações locais do fluxo de energia das ondas incidentes, e constituem-se em fator de erro de difícil monitoramento, principalmente nos levantamentos de áreas com centenas de quilômetros de extensão, como no caso das praias do Rio Grande do Sul. Para estabelecer um controle na variação das declividades optou-se por conduzir o trabalho de campo sempre na mesma época do ano, durante o mês de abril.

Os trechos com erosão do sistema praial mapeados ao longo do litoral médio também apresentaram significativa mudança espacial. Segundo Lopes *et al.* (2008), em medidas dos deslocamentos da linha de praia no trecho onde se localiza o Farol da Conceição (Figura 1), foi observado um recuo de 87 m da linha num prazo de 16 anos, ou seja, uma taxa de erosão da ordem de 5,4 m/ano (Figura 3), Barletta e Calliari (2003), também identificaram um contínuo processo erosivo neste local a uma taxa de 3,6 m/ano. Na metade norte do litoral médio foram mapeadas áreas estáveis, concordante com os indicadores morfológicos de acresção, como pode se observar nas adjacências da praia de Dunas Altas (Figura 4). Segundo Motta *et al.* (2014), os levantamentos com receptores GNSS realizados em 2002 e 2013, comparativamente resultaram numa taxa de aumento da praia da ordem de 0,7 m/ano.

Os resultados da taxa de mobilidade da linha de praia de curto prazo referidos anteriormente, entre 2002 e 2013, podem ser correlacionados com os resultados encontrados por Dillenburg *et al.* (2007), para este mesmo trecho do litoral médio. Segundo estes autores, com base em dados obtidos de dois furos de sondagem executados neste balneário indicam que a barreira costeira Holocênica progradou, ou seja, em uma escala de longo período (séculos a milênios), esta região mostrou um comportamento levemente progradante.

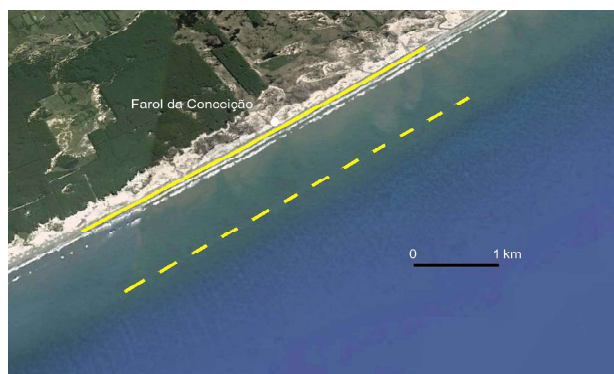
Também, o cálculo das taxas históricas de deslocamento da linha de praia possui elevada correlação com as taxas do transporte litorâneo. A identificação dos mecanismos de transporte, tanto de ganho, como de perda, em diferentes trechos do litoral possibilitou a análise dos componentes primários do balanço regional de sedimentos no litoral médio do estado, e a identificação das áreas fontes de sedimentos

(trechos com erosão), e também, os sumidouros de sedimentos arenosos (trechos com deposição), (TOLDO *et al.* 2013, MOTTA *et al.* 2014).



Fig 4 - (a) Vista para sul a partir da praia de Dunas Altas, local com dunas frontais bem desenvolvidas, (b) Farol da Conceição tombado, lado esquerdo. O farol foi construído em 1929, e substituído por uma nova estrutura, lado direito (TOLDO *et al.*, 2013).

Portanto, a mobilidade da linha de praia constitui-se numa variável de conhecimento necessário não só para a compreensão do balanço de sedimentos, mas como no caso deste estudo, fundamental para determinar a posição da linha de preamar média do ano de 1831. Por exemplo, ao se aplicar a taxa de mobilidade para a região do Farol da Conceição determina-se que a referida linha encontrava-se em 1831 a 982 m da linha de praia mapeada em 2013 (Figura 5a), para o lado do mar, ou seja, submersa. E, para a região de Dunas Altas a 127 m para o interior da planície costeira (Figura 5b). Neste caso ampliando a área do Terreno de Marinha.



(a)

7. APLICAÇÃO DO MÉTODO

Com base em todos os levantamentos realizados, estudos de séries históricas, transportes de coordenadas planialtimétricas, processamentos e ajustamentos dos dados geodésicos, pode-se definir os referenciais maregráficos buscados:

- Taxa de progradação anual do continente sobre o mar;
- Definição do nível zero local altimétrico;
- Taxa de variação maregráfica através das tábuas de marés publicada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, para o ano de 2013;
- Definição da declividade média da região de estudo, através de medições em campo;
- Definição da linha de preamar média para o ano de 2014;
- Definição da linha definidora dos terrenos de marinha para o ano de 2014 e finalmente;
- Definição da linha definidora dos Terrenos de Marinha para o ano de 1831;

Aplicando a metodologia e apresentando resumidamente, temos os seguintes valores:

- ✓ Taxa de progradação anual do continente sobre o mar: 0,72 m x (2014 - 1831),
- ✓ Taxa de variação maregráfica através das tábuas de marés publicada pela D.H.N – Marinha do Brasil, para o ano de 2013: 0,36 m,
- ✓ Declividade média da região de estudo: 1/60.

Tomando-se como base o nível médio do mar local, tem-se:

- ✓ Linha de preamar média 2014 = 0,36 m x 1/60 = 21,6 m contados a partir do nível médio do mar, Linha definidora dos Terrenos de Marinha (2014) 21,6 m + 33 m = 54,6 m;



(b)

Fig. 5 - Ilustração em imagem do Google Earth da posição das linhas de preamar de 1.831 (linha tracejada) e 2.013 (linha contínua) para a região do Farol da Conceição (a) e Dunas Altas (b).

✓ Linha definidora dos Terrenos de Marinha (1831) $54,6 + (183 \times 0,72 \text{ m}) = 186,36 \text{ m}$ contados a partir do nível médio do mar.

8. LIMITAÇÃO DO MÉTODO

O método desenvolvido neste trabalho apresenta etapas com medições diretas e indiretas, variações temporais e locais. Citando Gemael “Quem dá os primeiros passos na análise de observações começa a fazer uma concessão: abdicar da pretensão de obter o verdadeiro valor de uma grandeza medida” (1994). Sendo assim, o método de delimitação dos terrenos de marinha apresenta limitações de uso, associados às incertezas dos valores resultante das técnicas empregadas.

Pode-se identificar as seguintes incertezas das técnicas e resultados apresentados:

- Variação da delimitação da Linha de praia: 6,30m como apresentado no texto acima; (ϵ_1)
- Método de medição da linha de praia: 3,00 metros; (ϵ_2)
- Implantação das coordenadas planialtimétricas na região com GNSS: 0,10m; (ϵ_3)
- Transformação das altitudes geométricas em ortométricas: 0,09m; (ϵ_4)
- Declividade média medida no terreno. Considerando o método de determinação do perfil utilizando o método GNSS, com precisão posicional de 0,10m, tem-se como erro da determinação da declividade de 3,60m. (ϵ_5)

Aplicando a propagação de erros por modelos independentes, tem-se:

$$\epsilon T = (\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \dots + \epsilon_n^2)^{1/2}$$

$$\epsilon T = (6,3^2 + 3^2 + 0,1^2 + 0,09^2 + 3,6^2)^{1/2} \quad (2)$$

$$\epsilon T = 7,86 \text{ m}$$

ou seja, aplicando o método desenvolvido neste trabalho à região de Dunas Altas – RS, tem-se uma área de progradação de 127m, sendo que a linha definidora do terreno de marinha dista 186,36m do Nível Médio do Mar, com uma incerteza de 7,86m.

9. CONCLUSÕES

No litoral médio foi mapeada a variabilidade da linha de praia e identificadas as áreas submetidas a processos de erosão e deposição. As medidas regionais e históricas de retração e avanços da linha de praia observadas no litoral

médio do estado do Rio Grande do Sul contem importantes informações sobre a tendência evolutiva dos depósitos sedimentares costeiros.

Também, a variabilidade da linha de praia em escala espacial e temporal, possibilita o uso desta informação na tomada de decisões, nos planos de desenvolvimento e nos programas de usos da terra.

Neste trabalho observou-se também que a posição dos terrenos de marinha em relação ao nível médio do mar (2014) varia, podendo estarem localizados atualmente em regiões submersas ou com acréscimos em áreas subaéreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L.E.S.B.; ROSAURO, N.M.L.; e TOLDO Jr., E.E., 1997. Análise Preliminar das Marés na Barra do Rio Tramandaí, RS. **XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Vitória, ES, Resumos, p. 560-566.

ALMEIDA, L.E.S.B.; ROSAURO, N.L.; TOLDO JR., E.E. e GRUBER, N.L.S. Avaliação da profundidade de fechamento para o litoral norte do Rio Grande do Sul. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 13**. Belo Horizonte, MG. Anais. ABRH, CD, 1999. 8 p.

BARLETTA, R.C.; & L.J. CALLIARI. 2003. An assessment of the atmospheric and wave aspects determining beach morphodynamic characteristics along the central coast of RS State, southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 35: 300-308.

BRASIL, 1946. **Decreto Lei 9760** - Dispõe sobre os bens imóveis da União e dá outras providências. Em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del9760.htm

DILLENBURG, S.R.; BARBOZA, E.G.; TOMAZELLI, L.J.; LIMA, L.G.; BECKER, J.E.G. A Barreira Costeira de Dunas Altas no Litoral Médio do Rio Grande do Sul: um exemplo de barreira agradacional ou estacionária. **11º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**. 2007. 1-3p.

EMERY & AUBREY. **Sea levels, land levels and tide gauges**. New York: Springer-Verlag, inc. 1991. 256p.

GEMAEL, C. **Introdução ao Ajustamento de**

- observações.** Curitiba: Ed. UFPR, 1994. 319p.
- LIMA, O. P. de. **Localização geodésica da linha da preamar média de 1831 LPM/1831, com vistas à demarcação dos terrenos de marinha e seus acrescidos.** Florianópolis, SC, 2002. xx, Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, 2002. 251p.
- LOPES, C.G, ZANATTA, A., TOLDO Jr., E.E. E NUNES, J.C. 2008. Mobilidade de curto prazo da linha de praia do Litoral Norte e Médio do RS. **44º Congresso Brasileiro de Geologia**, Curitiba, PR. PAP1693.
- MOTTA, L.M.; TOLDO Jr, E.E.; ALMEIDA, L.E.S.B. & NUNES, J.C. 2014. **Regional sediment budget in wave-dominated beaches.** *Geo-marine Letters*. mimeo.
- NICOLODI, J.L.; SIEGLE, E.; RECHDEN Fº, R. e CORRÊA, I.C.S. Análise sedimentológica do pós-praia no Rio Grande do Sul. *In*: MARTINS, L.R., TOLDO JR., E.E. & DILLENBURG, S.R (eds). **Erosão Costeira: Causas, análise de risco e sua relação com a gênese de depósitos minerais.** Porto Alegre. 2002.
- PAJAK, M.J. and LEATHERMAN, S. 2002. The high water line as shoreline indicator. **Journal of Coastal Research**. 18(2), 329-337.
- SIEGLE, E. **Distribuição sedimentar ao longo do Litoral Sul Rio Grandense e fatores condicionantes.** Trabalho de Graduação. Oceanografia. Fundação Universidade Rio Grande. 1996. 91p.
- TOLDO Jr., E.E. 1989. **Os Efeitos do Transporte Sedimentar na Distribuição dos Tamanhos de Grão e Morfodinâmica da Lagoa dos Patos.** Mestrado em Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 143p.
- TOLDO Jr, E.E.; ALMEIDA, L.E.S.; BARROS, C. e MARTINS, L.R. 1999. Retreat of the Rio Grande do Sul coastal zone, Brazil. *In*: MARTINS, L.R. & SANTANA, C.I. (eds.). **Non Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin.** Porto Alegre, Brazil: Editora UFRGS: 62-68.
- TOLDO, Jr. E.E. e ALMEIDA, L.E.S.B. 2003. A linha d' água como indicadora da posição da linha de praia. *In*: **Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário.** Recife, PE. Anais, ABEQUA, CD, 3p.
- TOLDO Jr., E.E.; MOTTA, L. M.; ALMEIDA, L. E. S. B. & NUNES, J. C. 2013. Large Morphological Change Linked to the Sediment Budget in the Rio Grande do Sul Coast. *In*: **Coastal Dynamics, Arcachon. Proceedings of Coastal Dynamics**, v1:1687-1696.
- VIANNA, H. & CALLIARI, L.J. 2012. Variabilidade no Sistema Praia-Dunas ao Longo dos Balneários Dunas Altas e Santa Rita Litoral Norte do Rio Grande do Sul (RS), com Base em Dados Laser Scanner – Lidar. **V Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica.** FURG, Rio Grande, RS. 141-158pp.
- WESCHENFELDER, J. & AYUP-ZOUAIN, R. N. 2002. Variabilidade morfodinâmica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil. **Pesquisas em Geociências**. 29 (1), 1:3-13.