

MONITORAMENTO DE LINHA DE COSTA USANDO POSICIONAMENTO 3D-GPS

CESAR PEIXOTO DA ROCHA
TEREZA CRISTINA M. ARAÚJO
FRANCISCO JAIME B. MENDONÇA

Instituto de Geografia Desenvolvimento e Meio Ambiente - Universidade Federal de Alagoas
Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Cartografia da Universidade Federal de Pernambuco
rochacp@gmail.com

RESUMO - Para avaliar eventuais alterações no limite da zona de confronto mar/continente no curto período, usou-se tecnologia de posicionamento pelo GNSS com procedimento padrão, tomando por referência um indicador de linha de costa correlacionado com o referencial de maré. Esse experimento foi realizado no litoral do município de Japaratinga/AL e o indicador de linha de costa é a curva de nível 2,8 m acima do referencial de nível das marés. Esta cota corresponde a máxima HWL (high water line) registrada nos últimos 20 anos, acrescida do run-up (0,23 m). O traçado da linha de costa foi obtido a partir da reprodução dos relevos dessa praia nos anos 2007 e 2008, usando um programa interpolador para gerar o modelo de elevação digital (MED) da face de praia. As coordenadas tridimensionais dos perfis de praia foram obtidas com o uso de técnicas de posicionamento cinemático, cujas alturas elipsoidais foram reduzidas ao referencial de nível das marés e as alterações de traçado da linha de costa foram observadas pela sobreposição dos MED gerados nos anos 2007 e 2008 e indicaram deslocamentos de até 6,0 m, ao longo do trecho monitorado.

Palavras-chave: GPS; HWL; Lina de costa, datum; vdata; run-up; elipsóide.

ABSTRACT - In order to evaluate eventual alterations on the limits of the land-sea confrontation zone on the monitored beaches, a pattern for methodological procedures was applied using the same shoreline indicator, whose geographical positioning was correlated to tidal referential. This study tested a new tool for the shoreline short term variations monitoring one beach of Japaratinga municipality, in Alagoas' state. This shoreline indicator corresponds to the curve with level 2.8m above the tidal referential, being equivalent to the maximum HWL (high water line) registered in the last 20 years (2.6 m), adding the run-up (0.2 m). The geographical location of the shoreline indicators was established based on the reproduction of these beach terrains in the years 2007 and 2008, that is, from the DEMs (digital elevation models) of the beach face. The DEMs were modeled in an interpolator program, whose input data were tridimensional coordinates of the respective sets of beach profiles, generated through GNSS cinematic positioning techniques, whose heights (ellipsoidal) were reduced to the tidal referential. The shoreline variation in the monitored beach was obtained by the overlapping of the DEMs in different periods and indication localized dislocation of the 6.0 m throughout the monitored segment.

Key words: shoreline; GNSS; HWL; datum; vdata; run-up; ellipsoid.

1. INTRODUÇÃO

A abundância de alimentos e as belezas cênicas tornam os litorais, zonas de interesse primordial para moradia, trabalho e lazer. Entretanto, a combinação de fenômenos naturais e atividades antrópicas, em geral alteram a dinâmica de transformação natural da feição costeira. Entre as atividades antrópicas, que muitas vezes catalisam a ação dos agentes naturais, destacam-se as obras de engenharia costeira em geral e o extrativismo mineral e vegetal. Esteves et al., 2003. Por isso, a percepção da vulnerabilidade de uma zona costeira precisa ser, cada dia, mais dinâmica e eficiente.

Atualmente já se utiliza técnicas de rastreamento como ferramenta de apoio ao gerenciamento costeiro como, por exemplo, o sistema ALS (Airbone Laser Scanning), que de acordo com Baptista et al. (2008), pode reproduzir grandes superfícies com precisão submétrica. Entretanto, o considerável custo de aquisição e operacionalidade do equipamento, dificulta sua aplicabilidade no monitoramento de áreas com acentuada morfodinâmica, como é o caso da faixa costeira. Além disso, o uso de equipamentos de alta precisão para monitoramento de linhas de costa, esbarra na variedade de indicadores que comumente são usados para esta linha, tais como: linha de espraio das ondas, MHW (mean high water), HWL (high water line), linha de contorno da vegetação de praia, etc. Estes indicadores são listados em várias pesquisas, como por exemplo: Leatherman (2003); Moore et al. (2006); Morton and Speck (1998); Pajak and Leatherman (2002); Parker (2003); Rocha et al (2009); Zhang et al. (2002) e alguns deles, devido a sua inerente metamorfose, precisam estar referidos no tempo e no espaço, como é o caso da MHW e da HWL. Outros são sazonais e/ou descontínuos, variando de acordo com a geomorfologia da praia, como é o caso das marcas deixadas pelo espraio das ondas e da linha de contorno da vegetação, que só podem ser aplicados em praias específicas, onde suas marcas mantenham a nitidez por longo tempo. Por isso, entre os indicadores de linha de costa citados anteriormente, a linha de espraio das ondas, ou seja, a HWL adicionada do run-up das ondas vem se firmando como o mais compatível, pois representa o limite efetivo da ação marinha, tendo sido adotado por vários pesquisadores, entre os quais, Graham et al.(2003); Moore et al.(2006); Pajak and Leatherman (2002); Rocha et al.(2009), etc.

O principal objetivo desse estudo foi avaliar a evolução da linha de costa em uma praia com indícios de acentuada morfodinâmica no litoral norte do Estado de Alagoas, Brasil, nos anos 2007 a 2008, usando a técnica de localização de linhas de costa descrita em Rocha et al. (2009).

2. METODOLOGIA

Localização da área de estudo

Esse experimento foi realizado na praia de Pontal do Boqueirão, município de Japaratinga/AL, conforme detalha a Figura 1.

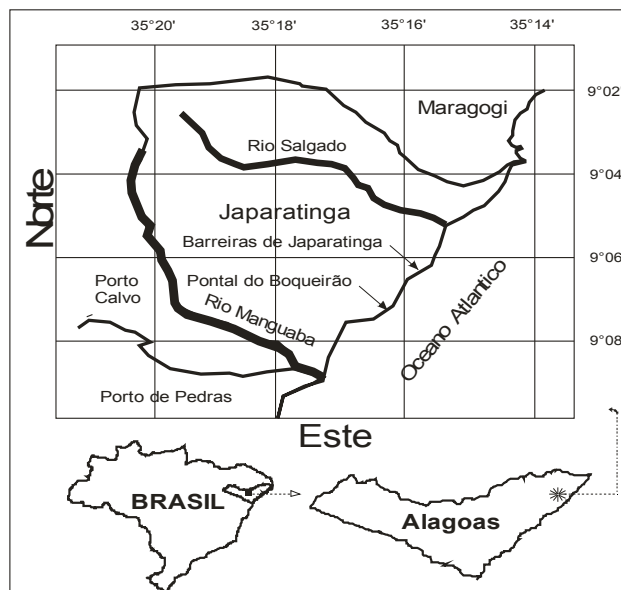


Fig 1. Esquema de localização da área de estudo.

A faixa costeira onde se concentraram esses estudos assume o formato de uma enseada, cujos azimutes variam entre 340°, no extremo Sul e 60°, no extremo Norte, quando percorrida no sentido Sul-Norte, ou seja, a linha de costa apresenta uma variação de azimute em torno de 80°, sobre a qual predomina a incidência de ondas formadas pelas correntes de ar do sudeste (IBGE, 2006).

A praia de Pontal do Boqueirão situa-se no extremo Sul do município de Japaratinga, nas proximidades da desembocadura do Rio Manguaba. Segundo IBGE (2006), os latossolos distróficos são abundantes nessa micro-região. Os atrativos cênicos dessa praia atraem turistas do mundo inteiro e as conseqüentes interferências humanas com suas infra-estruturas permanentes, como por exemplo, a estrutura viária que margeia a praia com seus muros de contenção em pedra, contra os quais as ondas descarregam muita energia nas marés altas de sizígia.

Como também ocorre em grande parte da costa nordeste do Brasil, existe nessa praia uma formação quase contínua de recifes que ajudam a dissipar a energia das ondas, atenuando o turbilhonamento dos sedimentos na antepraia. MUEHE, 1996.

Georreferenciamento da área de estudo

A primeira etapa dos trabalhos de campo constituiu-se na implantação e georreferenciamento de um marco de concreto no local do experimento. Esse marco foi edificado conforme especificações IBGE (instituto brasileiro de geografia e estatística) para os marcos da rede do SGB (sistema geodésico brasileiro). O

georreferenciamento desse marco foi efetuado a partir de posicionamentos pelo GPS no modo estático relativo, tomando por referência a estação SAT 93208, pertencente ao SGB, distante cerca de 15 km. Todos os procedimentos e cálculos seguiram a metodologia aplicada em Rocha et al. (2009). Em seguida, agora tomando por base as coordenadas do marco Pontal do Boqueirão, fez-se a coleta de dados no interior da área de estudo nos anos 2007 e 2008, com a finalidade de gerar os perfis de praia, cujas alturas geométricas (GPS), foram associadas ao referencial da maré local. De acordo com Rocha et al. (2009), para correlacionar as alturas geométricas (GPS) com o referencial de nível da maré, é preciso conhecer as alturas de um mesmo ponto da linha d'água nos dois sistemas de referência vertical: o do GPS e o das marés. Em seguida procede-se uma identidade de cotas. A identificação entre essas alturas significa um tangenciamento entre os *data* tidal e elipsoidal, no ponto em que as duas alturas foram medidas e a diferença entre elas, representa uma constante de redução que deve ser adicionada algebricamente a todas as alturas (GPS) dos perfis de praia para reduzi-los ao referencial de nível das marés.

Antena GPS: Transporte

Os posicionamentos GPS para gerar os perfis de praia foram gerados através de técnica de posicionamento cinemático relativo ao marco Pontal do Boqueirão. Para isso, uma das antenas permaneceu estática sobre o marco e uma segunda antena foi transportada, deslocando-se sobre a face de praia. Para facilitar essa condução, fez-se uso de um veículo não motorizado, equipado como um sistema de apoio triarticulado que manteve o conjunto bastão-antena permanentemente na vertical, bem como o centro de fase da antena equidistância do solo, conforme detalhes mostrados em Rocha et al. (2009). A taxa de gravação dos dados do GPS foi ajustada para registrar ao menos um ponto coordenado por metro linear de perfil. Além disso, o grau de liberdade do condutor do veículo foi limitado, para que os perfis contemplem ao menos um ponto da linha de costa a cada 25 m.

Acréscimo de altura devido às ondas (Run-up)

A energia das ondas em Pontal do Boqueirão é bastante suavizada pela barreira de recifes e por isso, as medidas do run-up resultaram máximas em torno de 0,23 m. Portanto, a altura da linha de costa será resultante da soma deste valor com a altura da máxima HWL registrada em uma série histórica de 20 anos. Essas medidas foram efetuadas pela mesma técnica usada em Rocha et al. (2009).

Correlação dos referenciais verticais

Neste estudo, o indicador de linha de costa está representado por uma curva de nível de altura equivalente a mais elevada HWL de uma série temporal, acrescida do run-up, e, a face de praia reproduzida por modelagem

digital simulará a superfície real sobre a qual a maré deslocar-se-á livremente, pois as alturas geométricas do GPS serão reduzidas ao referencial vertical das marés. Ou seja, os MED serão gerados a partir de perfis de praia, cujas alturas GPS serão reduzidas ao nível do mar. A definição da HWL depende do exame da série histórica das marés e a redução das alturas dos perfis de praia para o referencial de maré, requer o conhecimento exato da altura da maré no instante que o receptor GPS registrou a altura elipsoidal na linha d'água. Essa altura de maré pode ser observada na curva de maré dos dias respectivos em que os dados GPS foram coletados. Portanto, a coletar de dados GPS na linha d'água possibilitará conhecer a altura de um mesmo ponto nos referenciais de nível do GPS (elipsóide) e das marés (tidal). A diferença entre essas alturas representa uma constante de identificação entre esses referenciais.

Obtenção do MED: Método interpolador

O desempenho de um método interpolador, depende da densidade e configuração dos dados usados na interpolação. Baptista et al. (2008) e Rocha et al. (2009). Nesse estudo, o desempenho do método foi avaliado pela comparação entre as alturas geradas diretamente pelo GPS e as respectivas alturas produzidas pelo interpolador nos pontos de controle, como também pela observância da ocorrência de rupturas nas curvas de nível do modelo produzido.

Erros:

Erros metodológicos

Os principais erros associadas ao uso dessa metodologia são: erros dos posicionamentos GPS, erros das alturas de maré e a distorção da modelagem digital.

Os erros de posicionamento são da ordem de 3cm e podem ser desconsiderados nos estudos de localização de linhas de costa, pois essa grandeza é pouco representativa, mediante as ondulações naturais da face de praia.

Os erros associados a altura da maré, são causados por eventual desencontro cronológico do pico das marés. Testes efetuados por Rocha et al. (2009), identificaram diferenças cronológicas da ordem de 3 minutos entre o tempo real do estopo da maré de vazante e o instante do pico da maré indicado pela DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). De acordo com esses pesquisadores, o erro de altura da maré nesse intervalo de tempo depende do estágio de enchente ou vazante em que a maré se encontra, do grau de comportamento sinusoidal e da amplitude da maré no local observado, variando de 0 à 2,5 cm, nas praias dessa região. A propagação desses erros nos posicionamentos horizontais pode chegar a 25 cm nas praias com rampa de 10%.

Quanto aos erros de interpolação, de acordo com Rocha et al. (2009), as modelagens das faces de praia podem resultar em linhas com distorções da ordem de 2

cm, variando em conformidade com o método, a densidade e a distribuição dos pontos cotados.

Erros Instrumentais

Segundo Hofmann-Wellenhof et al. (1998), apud Baptista et al. (2008), a precisão dos posicionamentos pelo GPS no modo diferencial relativo dinâmico é da ordem de 0,01 m e 0,02 m para as medidas horizontais e verticais, respectivamente, acrescidas do fator 2ppm (variável com o comprimento da linha base). Como os posicionamentos dos pontos no interior da área de estudo foram definidos com base no marco Pontal do Boqueirão, o fator de acréscimo no erro das medidas pode ser desconsiderado, pois a linha de base é da ordem de apenas 0,25 km.

Segundo Baptista et al (2008) e Rocha et al. (2009), essa precisão também é afetada pela instabilidade na verticalidade bastão-antena e variações na equidistância da antena ao solo. Esses erros são de natureza sistemática e foram praticamente eliminados com o veículo transportador da antena GPS, devido ao sistema de fixação triarticulado, que mantém a verticalidade do conjunto durante o deslocamento. Esse sistema foi projetado para manter a antena GPS sobre o eixo da roda do veículo. Esse artifício garante a equidistância da antena ao solo, mesmo quando o operador é substituído por outro de altura não muito diferente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados

Curvas de maré e indicador de linha de costa

Nesse estudo, o indicador de linha de costa corresponde a mais elevada HWL dos últimos 20 anos registrada pelo mareógrafo de Suape, no Estado de Pernambuco, que foi de 2,6 m acima do datum tidal, acrescida do run-up das ondas, estimado em 0,23 m. Assim, a linha de costa será representada pela linha de nível de altura 2,8 m acima do datum tidal do Porto de Suape/PE.

As curvas de marés dos dias de coleta de dados GPS foram geradas com base nas tábuas e tabelas de correção de marés publicadas pela DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) da Marinha do Brasil. Essas curvas foram usadas para verificar as alturas de marés nos respectivos instantes em que os dados GPS foram coletados sobre a linha d'água. Como não houve diferença na amplitude da maré entre os portos de Suape e Maceió, entre as quais, Japaratinga está situada, efetuou-se apenas a correção das alturas de maré, na proporção da diferença de longitude entre essas localidades. Figura 2.

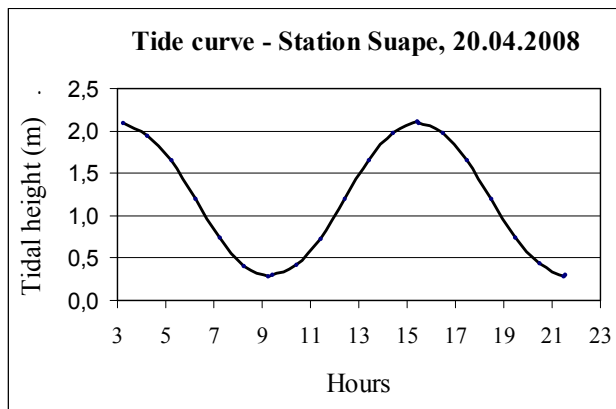


Figura 2. Curva de maré do dia 20 de Abril de 2008, corrigida da diferença de longitude entre a estação maregráfica de Suape e o local do estudo. Esta curva exemplifica como foram estimadas as alturas da maré nos respectivos instantes em que a antena GPS foi colocada sobre a linha d'água.

Redução das alturas GPS para o referencial de nível das marés

As constantes de redução das alturas GPS para o referencial de nível das marés correspondem às diferenças entre as alturas GPS registradas na linha d'água e as alturas das marés nos respectivos instantes, identificadas na curva de maré, caso a caso. Tabela 1.

Ano	(h _i) GPS	(h) maré	Cte. Red.	Obs.:
2007	21,319m	1,44m	- 19,879m	
2008	22,001m	1,65m	- 20,351m	

Tabela 1. Constantes de redução das alturas GPS para o referencial de nível das marés.

Ao processar os dados GPS dos perfis de praia obtém-se originalmente, os grupamentos de pontos coordenados (N_i ; E_i ; h_i) dos respectivos anos em que foram coletados, onde (N_i ; E_i), são as coordenadas geográficas Norte e Este, expressas no formato do sistema plano retangular UTM (universal transversal de mercator) e (h_i) são as alturas GPS referidas ao elipsóide SAD 69 e que nesse estudo foram reduzidas ao referencial de maré. Essa redução consistiu em adicionar algebricamente a constante de redução, mostrada na tabela 1, a cada altura (h_i). Dessa operação resultaram os grupamentos de pontos coordenados (N_i ; E_i ; h'_i), onde (h'_i) são as alturas dos pontos dos perfis de praia, agora referidos ao nível de redução das marés. Esse processo foi repedido nos anos 2007 e 2008.

Os pontos coordenados (N_i ; E_i ; h'_i), correspondem aos perfis de praia do respectivo ano do monitoramento, cuja arquitetura do caminhamento contemplou a face de praia em zigue zague, desde a linha d'água até ultrapassar a altura da suposta linha de espraio das ondas, visualizada pelas marcas deixadas durante as últimas marés de sizígia. Figura 3.

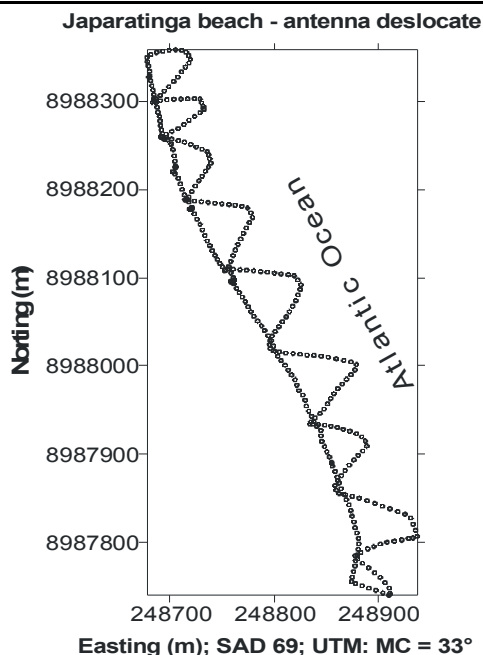


Figura 3. Amostragem da arquitetura da distribuição dos perfis de praia. Os MED foram gerados com base nos pontos coordenados desses perfis.

Geração dos MED

Os MED 2007 e 2008 foram gerados em um programa interpolador, usando os pontos coordenados dos perfis de praia (E_i ; N_i ; h_i), cuja referencia vertical é o nível de redução das marés, de modo que a superfície gerada pelo interpolador serve para simular a face de praia, sobre a qual a linha d’água se desloca durante a livre movimentação da maré. Figura 4.

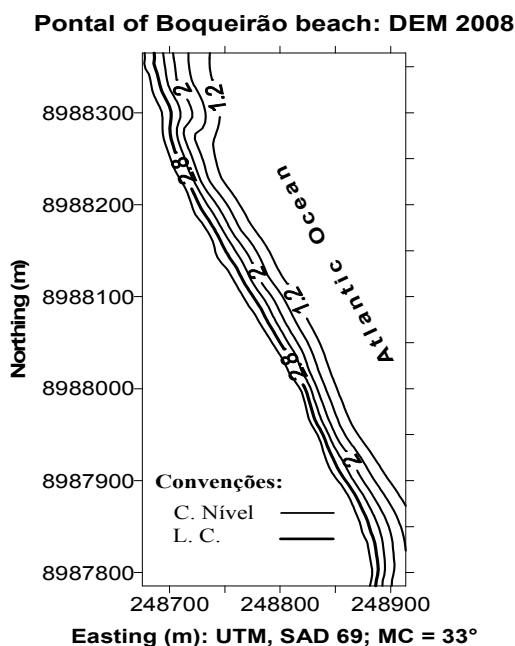


Figura 4. MED da face de praia 2008. Destaque para a linha de costa na cota 2,8 m.

Controle

Alguns perfis gerados por nivelamento topográfico tradicional foram comparados com seus correlatos para avaliar a precisão do método interpolador. De acordo com Rocha et al. (2009), as linhas de costa reproduzidas através da metodologia aqui utilizada têm precisão da ordem de 0,5 m. Entretanto, neste estudo, devido à dificuldade de manter uma equipe no local da pesquisa por um tempo prolongado, por tratar-se de praias relativamente afastadas do centro de estudos acadêmicos, essa técnica de controle não foi aplicada.

O método interpolador selecionado foi o Radial Bases Function Interpolation, cujos resíduos indicaram distorções da ordem de 2 à 3 cm nos pontos de controle.

Monitoramento da linha de costa

Para visualizar as mudanças que ocorreram no traçado da linha de costa no período 2007 e 2008 fez-se à sobreposição dos MED. Para facilitar a visualização, a figura 5 apresenta apenas as curvas representativas das linhas de costa 2007 e 2008.

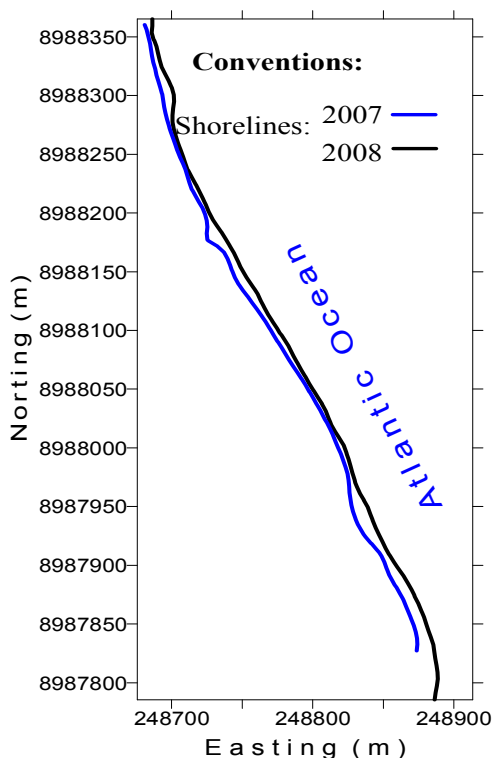


Figura 5. Linhas de costa (cota 2,8m), nos anos 2007 e 2008.

Discussão

Dentre os vários problemas que envolvem o tema linha de costa, destacam-se os vários fatores que influem na sua dinâmica natural de transformação, como por exemplo, as variações do nível do mar, as atividades antrópicas, as ondas e correntes, a geomorfologia das

praias e as atividades tectônicas da crosta terrestre. A estes, somam-se outros problemas de origem mais técnica, como a adequação do indicador para a linha de costa e o uso correto do *datum* de referência, principalmente o *datum* vertical, conforme abordado em Moore et al. (2006). Esses problemas podem ser minimizados através da padronização do método aplicado.

Cada maré, a rigor, não se repete e isto também se aplica às ondas, correntes, inclinação da face de praia, textura dos sedimentos, etc. Por isso, ainda que localizada com razoável precisão, é necessário tratar a linha de costa como uma linha de risco, cujo comportamento sugere a observância de uma margem de segurança, adequado à vulnerabilidade da região observada.

Os indicadores físicos do limite mar/continente não são duradouros e migram freqüentemente. O indicador de linha de costa e a metodologia para sua localização aplicados neste trabalho foram estabelecidos por Rocha et al. (2009) e consiste na linha de nível de altura equivalente a mais elevada HWL registrada em uma série temporal, acrescida do run-up. Os elementos que compõem essa definição também já vinham sendo usados por vários outros pesquisadores, entre os quais Moore et al. (2006). Entretanto, Rocha et al. (2009) acrescentaram em sua definição uma característica numérica, ao associar a linha de costa com a curva de nível correspondente a máxima altura alcançada pela linha d'água em uma série temporal, atribuindo ao indicador de linha de costa uma representação matemática inequívoca, associada ao regime das marés. Com isso, esse indicador torna-se independente de marcas residuais deixadas ou não pelas marés passadas e que a rigor não se repetirão.

Os desvios de medidas verticais relativos ao datum são devidos principalmente, às inconsistências do modelo geoidal. De acordo com Rocha et al. (2009), essa inconsistência é praticamente anulada quando se faz a correlação direta das medidas verticais efetuadas pelo GPS com o referencial de nível da maré.

Os erros das medidas do GPS devidos à degradação da qualidade dos posicionamentos relativos têm um componente adicional creditado à distância da linha base. A construção de um marco de concreto na área de estudo, reduziu a linha base dos posicionamentos cinemáticos dos perfis de praia, minimizando essa parcela de erro.

A precisão das linhas geradas por um método interpolador depende da densidade e configuração dos pontos representativos da superfície a ser reproduzida, que são disponibilizadas ao software interpolador. Baptista et al. (2008, in press); Botelho (2005); Franke (1982); Souza (2002). Nesse estudo, a configuração em zigue zague e a densidade (1 ponto por metro linear de perfil), favoreceram a consistência dos MED gerados.

Embora os posicionamentos geográficos pelo GPS e a reprodução de relevos com base em perfis topográficos já venham sendo utilizados há muito tempo, a técnica aplicada nesse trabalho, agrega aos conceitos e procedimentos já consagrados, uma caracterização

específica. Por exemplo, o conceito de linha de costa aqui abordado, corresponde ao limite da interface entre o mar e o continente. Entretanto, lhe foi atribuído um endereço espacial, com representação matemática, vinculado ao nível de redução das marés. Essa definição dá maior consistência ao indicador e por consequência aos resultados de monitoramentos da linha de costa. Entretanto, como não só as amplitudes de marés como também o run-up varia de porto a porto, cada estudo deverá examinar a altura da curva de nível que melhor representa a linha de costa em função das amplitudes das marés e regime de ondas da região, acrescentando-lhe a folga devida ao risco.

O planejamento da coleta dos dados GPS, deve levar em conta a extensão e a arquitetura dos perfis de praia, dependendo da amplitude da praia a ser reproduzida e da precisão almejada. Muitas vezes há obstruções na zona de pós-praia, que impedem a circulação do operador ou bloqueiam a recepção dos sinais dos satélites.

A arquitetura dos perfis deve limitar o grau de liberdade do operador, para evitar um espaçamento muito longo entre um perfil e outro e garantir que ao menos um ponto da linha de costa seja contemplado em cada perfil.

Avaliações de produtividade em face de praia com 80,0m de largura indicaram rendimento na ordem de 1,5 km/h. Este rendimento poderá ser maior se o trabalho visar exclusivamente à linha de costa, pois nesse caso, os perfis poderão ser encurtados.

4. CONCLUSÃO

No intervalo de praia observado, detectou-se deslocamentos pontuais de até 6,0m no traçado das linhas de costa 2007 e 2008. Entretanto, como foram efetuadas apenas duas determinações, é possível a ocorrência de deslocamentos mais acentuados e um posterior retorno ao traçado original, ou seja, alterações sazonais de traçado. Nesse caso, faz-se necessário um monitoramento em período ainda mais curto para melhor avaliar o grau de vulnerabilidade dessa praia.

Contudo, indicativo de sazonalidade nas alterações de traçado da linha de costa observada, não representa uma garantia da sua estabilidade, considerando que foram efetuadas apenas duas determinações. Faz-se necessário manter um monitoramento de curto período em uma escala de tempo mais ampla para avaliar com segurança o real comportamento da linha de costa. Outro fator a ser observado é o comportamento da linha de costa nos locais com barreiras de contenção para avaliar até que ponto essas barreiras podem estar transferindo pressão erosiva para outros setores.

A dinâmica da linha de costa no seguimento de praia observado é influenciada pelo retorno das correntes e pelo aporte de sedimentos transportados pelo rio Manguaba, cuja desembocadura fica à cerca de 1 km ao sul a área monitorada. Nesse setor, a linha de costa apresentou deslocamentos pontuais mais acentuados. Em geral, a linha de costa desse seguimento de praia, manteve-se razoavelmente estável. Seria importante, a

inclusão de outras variáveis como a direção e intensidade das correntes em novos estudos, em virtude da proximidade da desembocadura do rio Manguaba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baptista, P.B; Bastos, L.C. Bernardes, C.A.; Cunha, T.R. and Dias, J.A. Monitoring Sandy Shore Morphologies by DGPS – A Practical Tool to Generate Digital Elevation Models. *Journal of Coastal Research*, 2008. DOI 10.2112/07-0861.1

Baptista, P.B; Bastos, L.C.; Bernardes, C.A.; Cunha, T.R. and Dias, J.A. Aplicação de Metodologia de Monitorização GPS em Litorais Arenosos. Geração de Modelos de Elevação do Terreno. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 8(1): 9-23 (2008).

Baptista, P.B; Bastos, L.C. Bernardes, C.A.; Cunha, T.R. and Dias, J.A. Monitoring Sandy Shore Morphologies by DGPS – A Practical Tool to Generate Digital Elevation Models. *Journal of Coastal Research*, 2008. DOI 10.2112/07-0861.1

Botelho, M.F.; Silva da, C.R.; Schoeninger, E.R.; Centeno, J.A.S. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005. INPE, p. 731-736.

Esteves, L. S.; Silva, A. R. P.; Arejano, T. B.; Pivel, M. A. G. and Vrajane, M. P., 2003. Coastal Development and human impacts along the Rio Grande do Sul beaches, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 35, 548-556.

Franke, R. Scattered Data Interpolation: Test of Some methods, *Mathematic of Computations*, v. 33, n. 157, p. 181-200. 1982.

Graham, D.; Sault, M. and Bailey, J., 2003. National Ocean Service Shoreline – Past, Present, and Future. *Journal of Coastal Research*, 38, 14-32.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. & Collins, J. (1998) - *Global Positioning System – Theory and Practice*. 4th Edition, Springer-Verlag, Inc. (ISBN: 3-211-82839).

Leatherman, S. P., 2003. Shoreline change mapping and management along the U.S. East cost. *Journal of Coastal Research*, 38, 5-13.

Moore, L.J.; Ruggiero, P., and List, J.H., 2006. Comparing Mean High Water and High Water Line shorelines: Proxy *Datum* Offsets be Incorporate into shoreline Change Analyses. *Journal of Coastal Research*, 22, 894-905. (doi: 10.2112/04-0401-1).

Morton and Speek, 1998. Evaluation of shoreline and legal boundaries controlled by water levels on sandy beaches. *Journal of Coastal Research*, 14, 1373-1384.

Muehe, D., 1996. *Geomorfologia costeira*. In: Cunha S.B. da e Guerra A. J. T. *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro/RJ/Brazil, pp. 191-238. (ISBN: 8528605485).

Pajak, M. J., and Leatherman, S. P., 2002. The high water line as shoreline indicator. *Journal of Coastal Research*, 18, 329-337.

Parker, B. B., 2003. The Difficulties in Measuring a Consistently Defined Shoreline – The Problem of Vertical Referencing. *Journal of Coastal Research*, 38, 44-56.

Rocha, C.P.; Araújo, T.C.M. e Mendonça, F.J.B. Methodology for Shoreline location using the 3D-GPS positioning: a case study at Sauaçui beach, Brazilian Northeast. *Journal of Coastal Research*, 2009. ISSN 0749-0208. (doi: 10.2112/08-1108.1).

Rocha, C.P.; Araújo, T.C.M. e Mendonça, F.J.B. Aplicação de técnicas de posicionamento GPS tridimensional para localizar linhas de costa: a case study at Boa Viagem beach, Recife/PE, Brazil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 2009.

Ruggiero, P.; Kaminsky, M. G., and Gelfenbaum, G., 2003. Linking proxy-based and *Datum*-based shorelines on a high-energy coastline: implications for shoreline change analyses. *Journal of Coastal Research*, 38, 57-82.

Souza, E.C.B. Análises temporais de alta precisão utilizando GPS para avaliação das variações volumétricas ocorridas no ISTMO da Ilha do Mel. Dissertação de mestrado. Curso e pós-graduação em ciências geodésicas. UFPR, 149p. 2002.

Zhang, K.; Huang, W.; Douglas, B. C. and Leatherman, S. P., 2002. Shoreline positions variability and long-term trend analysis. *Shore & Beach*, 70(2), 31-3

