



Monitoramento da Linha de Preamar das Praias de Olinda – PE (Brasil) como Ferramenta à Gestão Costeira *

High Water Line Monitoring of Olinda-PE Beaches (Brazil) as Coastal Management Tool

Mirella Borba S. F. Costa^{1, 2}; Patrícia M. Pontes² & Tereza C. M. de Araújo²

RESUMO

Diante do avanço da linha de costa em relação ao continente, em áreas de grande densidade urbana, é observada mundialmente a adoção do método hold the line pelos gestores costeiros. Esse é o caso do litoral do município de Olinda – PE que desde 1958 vem realizando obras de proteção costeira contra o avanço do mar, e hoje conta com a presença de dez quebra-mares paralelos à linha de costa, 34 espigões perpendiculares e vários trechos de enrocamento aderente. O monitoramento da linha de costa nessa região é essencial para definir pontos e períodos críticos de avanço do mar e fornecer subsídios ao planejamento de ações da gestão pública local. Este trabalho analisou o comportamento da linha de costa durante 14 meses (entre agosto/06 e outubro/07) utilizando a linha de preamar máxima (high water line – HWL) como indicador. O método utilizado consistiu na fixação de um referencial de nível (RN), a partir do qual foram realizados perfis perpendiculares em onze localidades, e calculada a largura da pós-praia. Foi observado que em agosto e setembro o avanço do mar em relação ao continente foi mais expressivo devido à ação de marés meteorológicas mais intensas, tendo em vista que nesses meses foram registrados maiores alturas de ondas e velocidade de ventos na costa. O teste de regressão mostrou alto valor preditivo da altura da maré na largura da pós-praia para as praias com presença de quebra-mar e baixo valor, ou até mesmo ausência de correlação para as praias com espigão onde as ondas exercem relativamente maior influência. Os pontos críticos identificados pelo monitoramento, ou seja, áreas onde as estruturas urbanas estão mais comprometidas pelo avanço do mar apresentam largura da pós-praia bastante reduzida e baixa mobilidade da linha de costa. A metodologia utilizada mostrou-se uma ferramenta simples, de baixo custo e bastante eficaz para obter tendências

1 Autor correspondente - mirella_borba@yahoo.com.br

2 Laboratório de Oceanografia Geológica do Departamento de Oceanografia UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Av. Arquitetura s/n, Recife, Pernambuco, Brasil, CEP: 50740 550

* Submissão – 20 Agosto 2008; Avaliação – 19 Outubro 2008; Recepção da versão revista – 30 Outubro 2008; Disponibilização on-line - 14 Novembro 2008

a curto prazo das variações na linha de costa. A implantação de um programa permanente de monitoramento da linha de costa é importante para a obtenção de resultados mais precisos sobre o comportamento da linha de costa e verificação de padrões sazonais na sua posição. Dessa forma, as ações dos gestores costeiros podem ser melhor planejadas.

Palavras-chave: erosão costeira; linha de costa; estruturas de proteção costeira.

ABSTRACT

In densely populated areas, in case of landward migration of the shoreline, the most frequently worldwide used policy option for coastal managers has been hold the line. This is the case of Olinda's littoral (Brazilian coastal city) where coastal protection structures has been built since 1958 to stabilize the shoreline, and at present, the beach is protected by ten breakwaters parallel to the shoreline, 34 groins perpendicular to it and several parts with seawalls. Olinda's littoral tides are semidiurnal and in terms of amplitude are classified as mesotidal. When the equinoctial tide coincides with the spring tide it can reach the height of 2.8 m. This can be even more severe during the second semester (August / September) when the winds are more intense. This phenomenon is known locally as storm surge and that periods are the most energy in the local coast causing the greatest changes in beach morphology and destruction of buildings located along the waterfront. Thus, generating concern to authorities and buildings owners located in vulnerable places to erosion. Shoreline monitoring in this region is crucial to set hot spots and critical periods of shoreline erosion, and then subsidize planning activities of local public management. This paper examined the shoreline change for 14 months (between August/06 and October07) using high water line - HWL as indicator. The method used in this study was based on monthly field campaigns, during the spring tide, where profiles alignment perpendicular to the waterline were made from predetermined fixed benchmark (the profile anchor) and backshore (recreational beach) width calculated. The analysis of shoreline mobility was carried out from the calculation of standard deviation of their positions. Tests of simple linear regression for each profile monitored were conducted to ascertain the dependence degree of the backshore width with the tide height. It was observed that in August and September the landward migration of the shoreline was more expressive since the occurrence of intensive meteorological tide in view that in these months higher waves heights and winds velocities were recorded on the coast. The monthly monitoring of high water line position showed that it can vary up to 30m in high tides of same height in different months without any evidence of erosive trend or increased. It was also possible to identify that the urban structures (sidewalk and houses) of two beaches (Bairro Novo and Rio Doce), are most susceptible by high seas. At these beaches lack of backshore was registered during the months of the year where stronger winds and higher waves occurred. The regression analysis showed high predictive value of the tide height in the backshore width for beaches with presence of breakwater and low value, or even lack of relationship for beaches with groins where the waves carry relatively greater influence. The hot spots identified by the monitoring, or urban areas where the structures are further threatened by the sea, have very low backshore width and low shoreline mobility. The methodology proved to be a cost-effective simple tool, and very useful for obtaining short-temporal changing trends and thus can be easily implemented by coastal managers. A beach monitoring program, carried out over several years, could give rise to more accurate results which are useful to characterize shoreline behavior and serve as basis for sound policy decisions. Thus, the actions of coastal managers can be better planned.

Keywords: coastal erosion; shoreline; coastal protection structures.

1. INTRODUÇÃO

A configuração da linha de costa pode ser alterada sensivelmente por efeitos erosivos ou construtivos, através da ação dos processos costeiros, em diferentes escalas de tempo, sendo a análise temporal do deslocamento da linha de costa de suma importância tanto para a elaboração e manutenção de projetos de proteção costeira, quanto para o gerenciamento costeiro. Esta informação é útil aos gestores principalmente para orientar a ocupação mais adequada da orla, uma vez que a posição da linha de costa é bastante utilizada como critério para o estabelecimento de limites para construções urbanas ou zonas de uso restrito (Muehe, 2001).

A linha da preamar (High Water Line – HWL), a marca deixada pela última maré alta, é identificada pela linha de umidade que separa a praia seca da praia úmida. Este é o indicador de linha de costa mais utilizado e mencionado na literatura (Boak & Turner, 2005; Pajak & Leatherman, 2002) em pesquisas sobre modificações temporais e demarcações de linha de costa (Anders e Byrnes, 1991; Crowell et al., 1991; Dolan et al., 1980; Leatherman, 1983; Morton, 1991; Pajak & Leatherman, 2002; Stafford, 1971; Stockdon et al., 2002; Zhang et al., 2002).

Diversas técnicas são utilizadas na determinação da posição da linha de preamar que podem ser utilizadas de forma isolada ou associadas. A

determinação através de fotografias aéreas e ortofotos são bastante utilizadas para a análise do deslocamento da linha de costa em longo termo e é ideal para locais que possuem um grande acervo temporal de fotografias (Moore, 2000). Outra forma de determinação é através do uso de GPS ou DGPS, deslocando-se sobre a linha de costa a bordo de um veículo ou transportado por um operador, o que permite a cobertura de longos segmentos da costa com um custo relativamente baixo, e também facilitaria a repetição da identificação em épocas posteriores, permitindo uma análise temporal em pequenos intervalos (Esteves et al., 2003). Os perfis de praia permitem a determinação da posição da marca de preamar máxima em relação a um ponto estável e conhecido, este é um método simples e de baixo custo (Souza & Angulo, 2003).

Diante do avanço da linha de costa em relação ao continente em áreas de grande densidade urbana, os gestores costeiros geralmente optam pelo método *hold the line* (Eurosion, 2004), que consiste em manter a posição da linha de costa através da engenharia costeira, com construções de obras de proteção (quebra-mares, espigões, molhes, enrocamentos) ou por via de alimentação artificial (engordamento de praia).

Esse é o caso do litoral do município de Olinda – PE que desde 1958 vem realizando obras de proteção costeira contra o avanço do mar, e hoje conta com a presença de dez quebra-mares paralelos à linha de costa, 34 espigões perpendiculares e vários trechos de enrocamento aderente. Estas obras protegem as construções e imóveis localizados em sua orla e fixam a linha de costa, evitando assim o seu recuo. No entanto, em muitos trechos, elas são ineficientes para a regeneração do ambiente praiar. E mesmo com a presença de obras de proteção costeira em toda a extensão do seu litoral ainda há vários trechos apresentando erosão.

À medida que a erosão destruía as casas e que a implantação de um sistema de obras rígidas de proteção costeira destruía a beleza cênica das praias, a cidade perdia seu status de balneário turístico e, atualmente, o turismo na cidade restringe-se ao seu sítio histórico. O próprio guia turístico da cidade, disponível no site da prefeitura, informa sobre as “dificuldades” da atividade turística em suas praias:

“algumas das praias são inacessíveis para banho de mar em virtude da topografia das áreas, mas são extremamente convidativas ao lazer contemplativo” (Prefeitura de Olinda, s/d). A referida dificuldade para o banho de mar devido à topografia é, na realidade, causada pelas diversas obras de contenção, que além de dificultarem o acesso à praia, aceleram a redução de sua parte recreativa e alteram as correntes locais, originando diversos impactos ambientais como perda da qualidade da água, eutrofização, altos níveis de coliformes fecais, proliferação de fungos e bactérias, e presença de sedimentos finos (nas regiões de sombra dos quebra-mares), o que provoca um aspecto visual desagradável para os usuários da praia (Pereira et al., 2003a). A má qualidade da água foi um dos principais fatores para o fechamento, devido a um número insuficiente de clientes, do único hotel de luxo localizado a beira-mar (Pereira et al., 2003b).

Este trabalho teve como objetivo a análise do comportamento da linha de preamar (como indicador da linha de costa) em curto prazo, através da identificação da sua posição *in situ*, como ferramenta para a gestão costeira municipal, uma vez que essa informação é útil para subsidiar o planejamento de ações interventivas (contenção) e para a proteção das estruturas urbanas costeiras, bem como a manutenção ou readequação das estruturas de proteção costeira.

2. ÁREA DE ESTUDO

O litoral de Olinda possui 10,5 km de extensão, sendo constituído no sentido sul norte pelas praias de Del Chifre, Milagres, Carmo, São Francisco, Farol, Bairro Novo, Casa Caiada e Rio Doce.

Há duas estações bem definidas, uma úmida, entre os meses de março e agosto, com precipitação mensal acima de 600mm (período úmido), e outra seca, de setembro a fevereiro, com precipitações entre 100mm e 120mm (período seco). O clima de ventos também demonstra um padrão sazonal com os ventos mais fortes durante a estação úmida, principalmente entre julho e setembro e (ventos de SE) e mais moderados na estação seca, principalmente entre novembro e janeiro (ventos de NE). Os ventos dominantes vêm de E-SE e apresentam velocidades médias entre 3 e 5m/s, sendo os ventos alísios e as brisas marinhas os fenômenos de maior influência nas condições climáticas. (Pereira et al., 2003a)

As marés são semi-diurnas e em termos de amplitude, são classificadas como meso-marés, com variações médias de cerca de 0,7m. Nos meses de fevereiro e setembro quando ocorrem as marés equinociais, as alturas das marés podem atingir de 2,5 a 2,6m. Quando as marés equinociais coincidem com as marés de sizígia a altura pode alcançar 2,8m. Este fenômeno é conhecido localmente como ressaca, sendo este ainda mais severo durante o segundo semestre (agosto/setembro) quando os ventos são mais intensos (Pereira et al., 2003b).

Os períodos de ressacas são os de maior energia na costa local provocando as maiores modificações na morfologia praial e destruição de construções. Por isso gera apreensão das autoridades e dos proprietários de imóveis localizados em locais vulneráveis a erosão. Como relata a reportagem do Jornal do Commercio de 30 de agosto de 2007.

Recife, Olinda e Paulista em alerta

Os municípios do Recife, Olinda e Paulista, na Região Metropolitana, estão em alerta por causa da altura das marés. Todos estão realizando monitoramento dos pontos críticos de suas orlas e mantendo equipes de plantão para atuar em caso de possíveis danos causados pelo avanço do mar. Em Paulista, onde o problema é maior, a prefeitura estuda decretar situação de emergência, para facilitar a busca de recursos estaduais e federais e agilizar obras emergenciais de contenção e recuperação de áreas danificadas (Jornal do Commercio, 30/08/2007).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram definidos onze pontos de monitoramento, distribuídos de sul para o norte, ao longo do litoral do município de Olinda: PO1 – praia dos Milagres, PO2a, PO2b e PO2c – praia do Carmo, PO3, PO4 e PO5 – entre os espigões da praia de Bairro Novo, PO6 e PO7 – praia de Casa Caiada e PO8 e PO9 – praia de Rio Doce (Figura 1). O período de monitoramento foi entre agosto/06 e outubro/07, com frequência mensal, ocorrendo durante a máxima baixa-mar em sizígia de lua cheia.

O método utilizado consistiu na fixação de um referencial de nível (RN) a partir do qual foram realizados perfis perpendiculares até limite da linha d'água. A linha de preamar (high water line – HWL) foi identificada in situ através da identificação pela linha

de umidade que separa a praia seca da praia úmida, da concentração de vestígios de vegetação, resíduos sólidos, seixos, etc., que foram deixados pela ação de ondas e ali permaneceram pela inexistência de ondas posteriores com capacidade de removê-los.

Sua posição foi determinada com o uso de trena a partir da distância do RN. Esta distância é correspondente à largura da pós-praia (Lpp) tendo em vista que todos os RNs localizaram-se no limite terrestre da pós-praia. Considerando que a Lpp está diretamente relacionada com a posição da última preamar, o cálculo do desvio padrão permite inferir informações sobre sua dispersão em relação à média e dessa forma, esse parâmetro estatístico pode ser utilizado como índice de mobilidade da pós-praia. De acordo com Dolan et al. (1978) baixos valores indicam baixa mobilidade, altos valores indicam maior mobilidade e então maior suscetibilidade para processos de erosão e acreção. Para fins de comparação entre os perfis desta pesquisa, foram definidas três classificações de mobilidade: 1) baixa para menores desvios padrões, 2) moderada para os valores médios e 3) alta para os maiores desvios padrões.

A posição da linha de costa é função de um conjunto de fatores, entre eles destaca-se o declive da praia, a altura das ondas, a velocidade dos ventos e a altura da maré. Este último exerce grande influência em regiões de mesomarés. Para verificar o grau de dependência da largura da pós-praia com a altura da preamar foram realizados testes de regressão linear simples para cada perfil monitorado. Foi estabelecido o nível α de significância de 0,05, isto implica que para um valor $p < 0,05$ a correlação é estatisticamente significativa.

Os dados de maré foram obtidos a partir da Tábua de Marés para o Porto do Recife publicadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação disponível on line (DHN, 2006). O cálculo da declividade da face praial foi obtido a partir dos dados de Pontes (2008) e Costa (2008).

Os dados de intensidade e direção do vento foram obtidos da estação meteorológica localizada no Município de Olinda – PE, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2007). Os dados de altura e direção de onda foram extraídos do modelo de previsão WAVEWATCH III

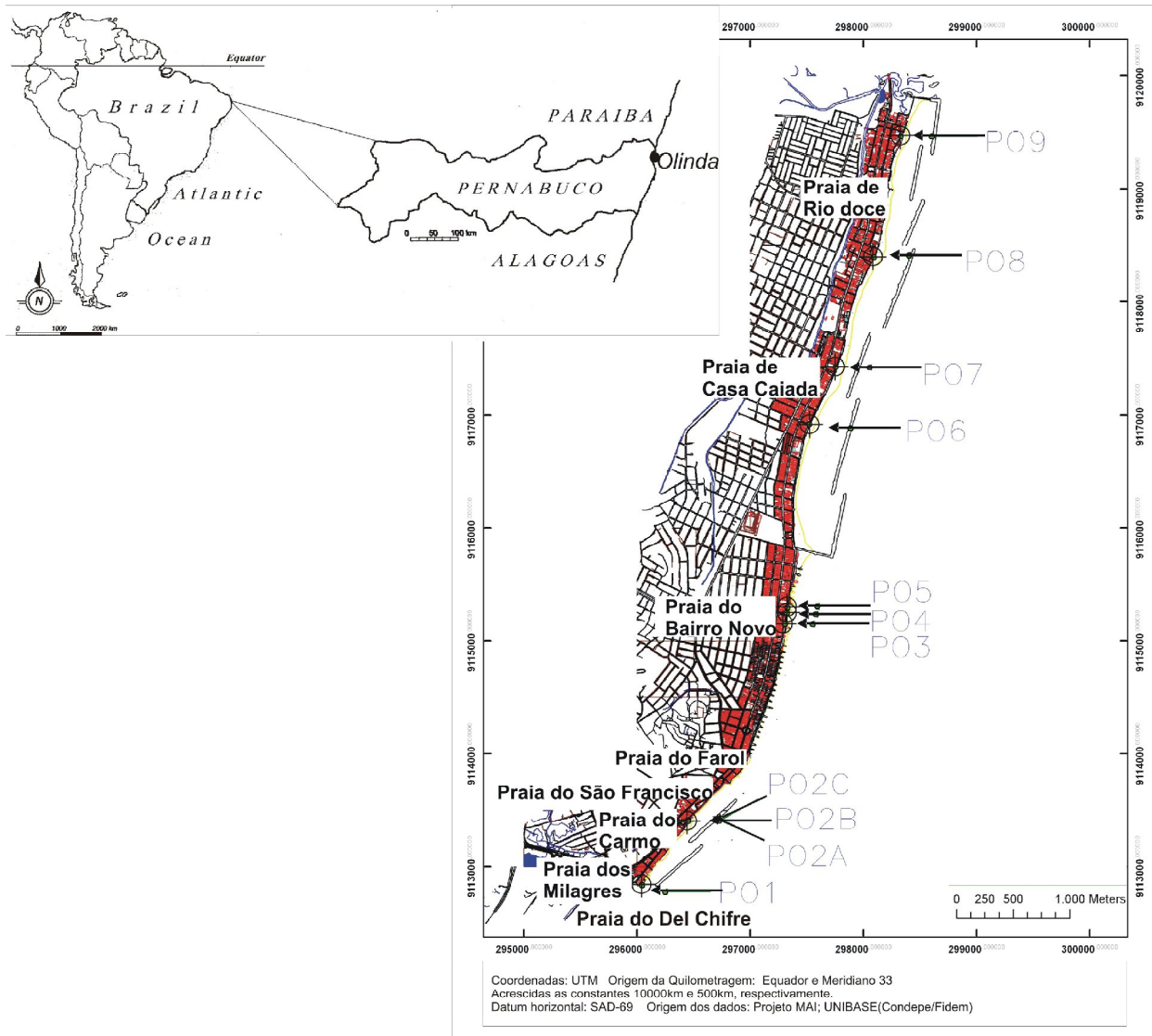


Figura 1. Mapa da costa de Olinda mostrando os pontos escolhido para o monitoramento.
 Figure 1. Map of Olinda coast showing the points chosen for the monitoring.

para águas acima de 40 m de profundidade, também disponibilizados pelo INPE. Foram calculadas as médias mensais de ambos forçantes para o tempo de monitoramento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os perfis monitorados apresentaram uma redução da largura da pós-praia a partir de junho/07 até setembro/07, o que estaria relacionado com maior intensidade dos ventos e da altura das ondas no período. Os perfis localizados nas praias do Carmo

(PO2a, PO2b e PO2c) e de Casa Caiada (PO6 e PO7) possuem a pós-praia mais ampla, diferentemente dos demais perfis (Figura 3).

A partir do março/07, início do período chuvoso, até setembro/07 ocorre elevação da intensidade de vento e o aumento da altura de ondas ao largo (Figura 4). É importante salientar que o modelo de ondas utilizados nesse trabalho caracteriza a altura de swells que atingem a costa de Olinda, contudo, sabe-se que as ondas ao atingir águas rasas sofrem alterações em suas características como comprimento, altura,

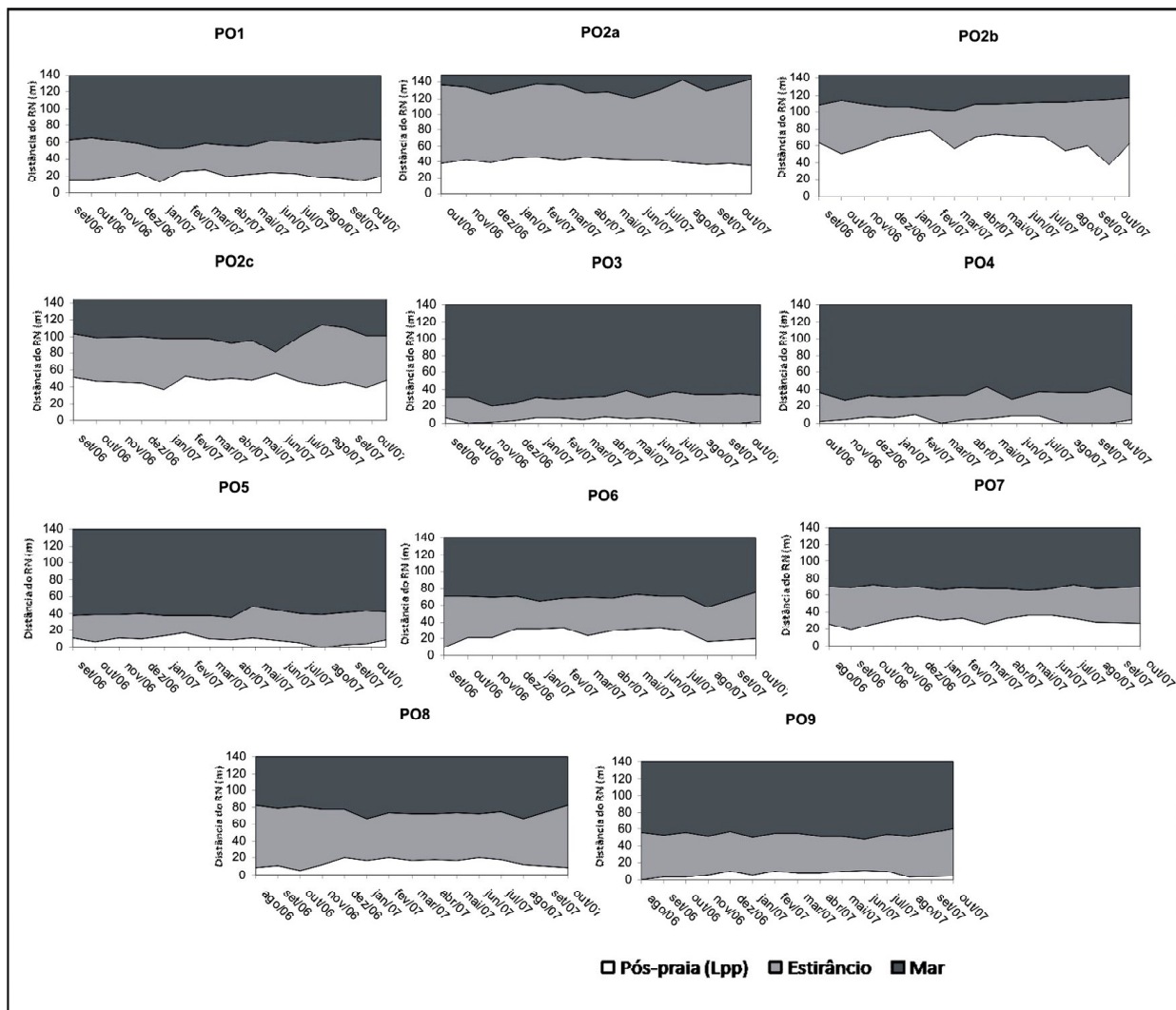


Figura 2. Gráfico da variação mensal da largura da pós-praia dos pontos monitorados.
 Figure 2. A graphic showing the monthly variation of the backshore width.

celeridade. Por tanto, segundo Pereira et al. (2005), nas praias do litoral de Olinda que são protegidas por quebra-mar a altura significativa da onda (H_s) raramente ultrapassa 0,5m.

Com base nos resultados de mobilidade (Tabela 1) e teste de regressão linear foi possível diferenciar o comportamento da linha de costa em Olinda de acordo com o tipo de obra existente e declive da praia. O PO1 localizado na praia dos Milagres, onde há presença de espigão, enrocamento e quebra-mar, apresentou pós-praia relativamente larga e mobilidade moderada em relação aos demais perfis. Nesse ponto não houve registro de comprometimento das

estruturas urbanas pelo mar durante o tempo de monitoramento.

A praia do Carmo (PO2a, PO2b e POc), protegida por quebra-mares, apresentou alta mobilidade da linha de costa na sua porção frontal (PO2b). Esta mobilidade está relacionada a uma depressão presente na parte central da saliência, onde o perfil está localizado, facilitando o espalhamento da água em direção à costa quando as ondas atingem essa região. A alta mobilidade do PO2c, porção norte da saliência e a baixa mobilidade do PO2a, porção sul, devem-se à disposição espacial dos quebra-mares em questão. A parte norte da saliência (PO2c) está localizada

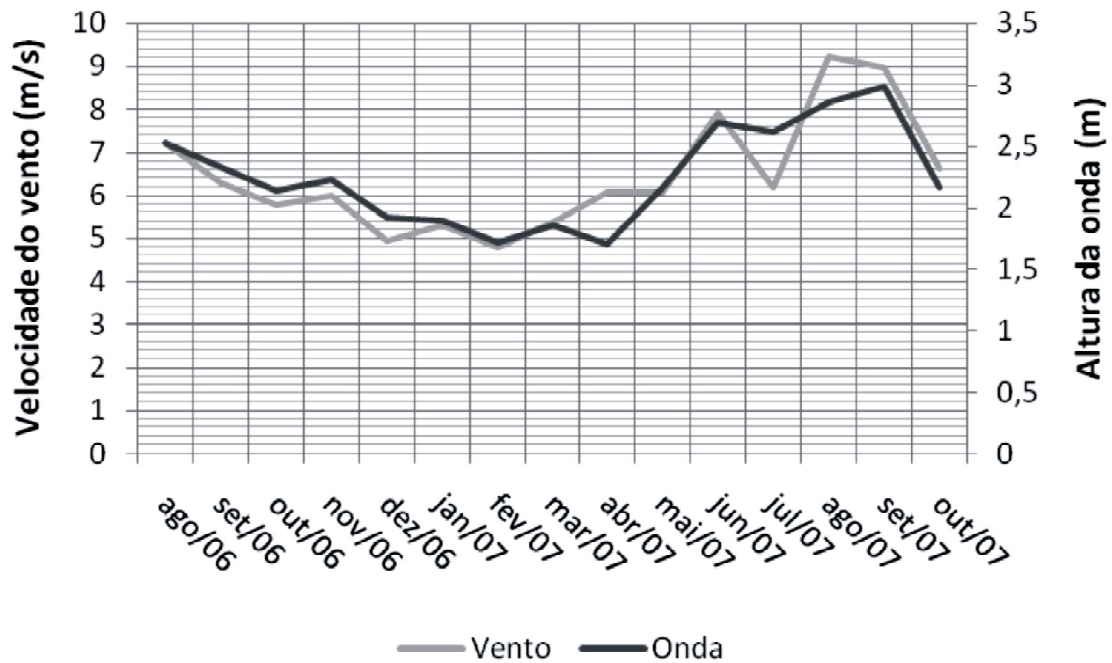


Figura 3. Média mensal da velocidade do vento (m/s) e altura da onda (m) para o tempo de monitoramento.

Figure 3. Average monthly wind velocity (m/s) and wave height (m) in the monitoring period.

Tabela 1. Parâmetros dos pontos monitorados.

Table 1. Parameters of points monitored.

Perfis	Extensão do Perfil (m)	Largura média da pós-praia (m)	Desvio Padrão da	
			largura da pós-praia (m)	Declive (°)
PO1	59.52	19.64	4.43	5.13
PO2a	133	41.26	3.67	1.47
PO2b	109.58	63.75	10.88	1.79
PO2c	99.33	46.86	5.17	1.89
PO3	31.42	3.79	2.97	7.95
PO4	34.41	4.69	3.78	6.11
PO5	39.33	8.84	4.45	5.73
PO6	70.47	25.97	7.18	4.5
PO7	70.09	30.25	4.83	4.5
PO8	80.73	14.83	4.76	3
PO9	65.68	6.55	3.51	4

próxima ao fim do quebra-mar norte, fazendo que a mesma esteja sujeita a convergência de ondas e correntes e, portanto, menos protegida que a sua porção sul.

Contudo a pós-praia desta praia foi a mais larga do litoral olindense. O mais próximo que a linha d'água esteve das estruturas urbanas foi 35,63m durante a máxima preamar de outubro/07. Portanto pode-se dizer que apesar da alta mobilidade da linha de costa, as estruturas estão a uma distância segura da linha d'água.

Os perfis da praia de Bairro Novo (PO3, PO4 e PO5), localizados entre um sistema de espigões, possuem baixa mobilidade da linha de costa. Este fato pode ser relacionado com o alto declive da praia e seu caráter reflexivo, o que dificultaria o espraçamento d'água através da praia. Entretanto, esta praia apresenta pós-praia bastante curta e mesmo com baixa mobilidade foram registrados meses em que a linha de preamar atingiu as estruturas urbanas.

Os dois perfis localizados na praia de Casa Caiada (PO6 e PO7), protegidos por quebra-mares, apresentaram pós-praia larga e com aproximadamente mesmo valor. Entretanto, PO7 apresentou menor mobilidade e dessa forma, as estruturas urbanas presente nesse trecho estão mais protegidas.

Os perfis da praia de Rio Doce (PO8 e PO9), também protegida por quebra-mares, apresentaram baixa mobilidade, mas a largura média da pós-praia muito curta. No mês de agosto/06 a água chegou a subir 0,4m na calçada durante uma maré de 2,4m de altura.

O teste de regressão (Figura 5) mostrou alto valor preditivo da altura da maré na largura da pós-praia (Lpp) para as praias com presença de quebra-mar e baixo valor, ou até mesmo ausência de correlação para as praias com espigão. A maior correlação entre as duas variáveis foi encontrada na praia de Rio Doce ($p=0,001$ para PO8 e PO9) em que a altura da preamar explicou 62,31% em PO8 e 62,49% em PO9. A variabilidade na posição da linha de costa a curto prazo, e conseqüente largura da pós-praia, pode ser resposta a um único fator ou a uma combinação deles (Bird, 1993; Forbes et al., 2004). Em regiões muito protegidas por estruturas artificiais, como a praia de Rio Doce, a principal forçante são as correntes de maré (Pereira et al., 2005). Na praia de Bairro Novo,

por outro lado, as ondas exercem relativamente maior influência, e dessa forma, a largura da pós-praia deve ser explicada pela combinação da mesma com outros fatores.

A partir do teste de regressão foi possível observar também, que a linha de preamar máxima de um mês, em uma mesma praia, pode variar vários metros em sua posição mesmo com altura de preamares próximas. Por exemplo, o acompanhamento de sua posição na parte central da saliência (PO2b) mostrou uma diferença de 27,19m entre um mês com preamar de 2,3m e outro com 2,4 m, e uma diferença em sua posição de 22,41m entre dois meses com preamares iguais de 2,1m. Quanto à comparação da sua posição no primeiro mês de monitoramento e o último, ela apresentou uma diferença de apenas 1,15m. Os demais perfis tiveram comportamento semelhante. Quando comparados o primeiro e último mês de monitoramento a diferença média na posição da linha de preamar foi de apenas 1,83m.

A partir de um monitoramento mensal a médio-prazo, será possível observar um padrão mais claro de avanço e recuo da linha d'água e relacionando com outros forçantes, como a altura de maré, vento e onda e a partir dessa informação inferir, com mais segurança, períodos em que as estruturas urbanas encontram-se mais comprometidas.

De acordo com Dolan et al. (1980) e Smith & Zarillo (1990), a linha de preamar é geralmente usada de forma incorreta em estudo a médio e longo prazo porque se considera que ela representa "a média sazonal da posição da linha de costa", enquanto que na verdade ela é indicadora de mudanças a curto prazo da sua posição. Segundo Anfuso et al. (2007), estudos que apontam tendências erosivas ou acrescivas da linha de costa deve ser baseados em trabalhos que considerem metodologias a curto e a médio ou longo prazo. Jimenez et al. (1997) em um estudo no delta de Ebro observou a concordância qualitativa de duas técnicas (perfil de praia e fotografias aéreas) em identificar zonas erosivas e acrescivas, mas registrou diferenças nos valores medidos especialmente em setores de praias muito planos. Dessa forma, o monitoramento mensal da posição da linha de costa pode servir, também, de base e para a validação de estudos a médio e longo prazo.

Os pontos críticos (denominação utilizada pelos

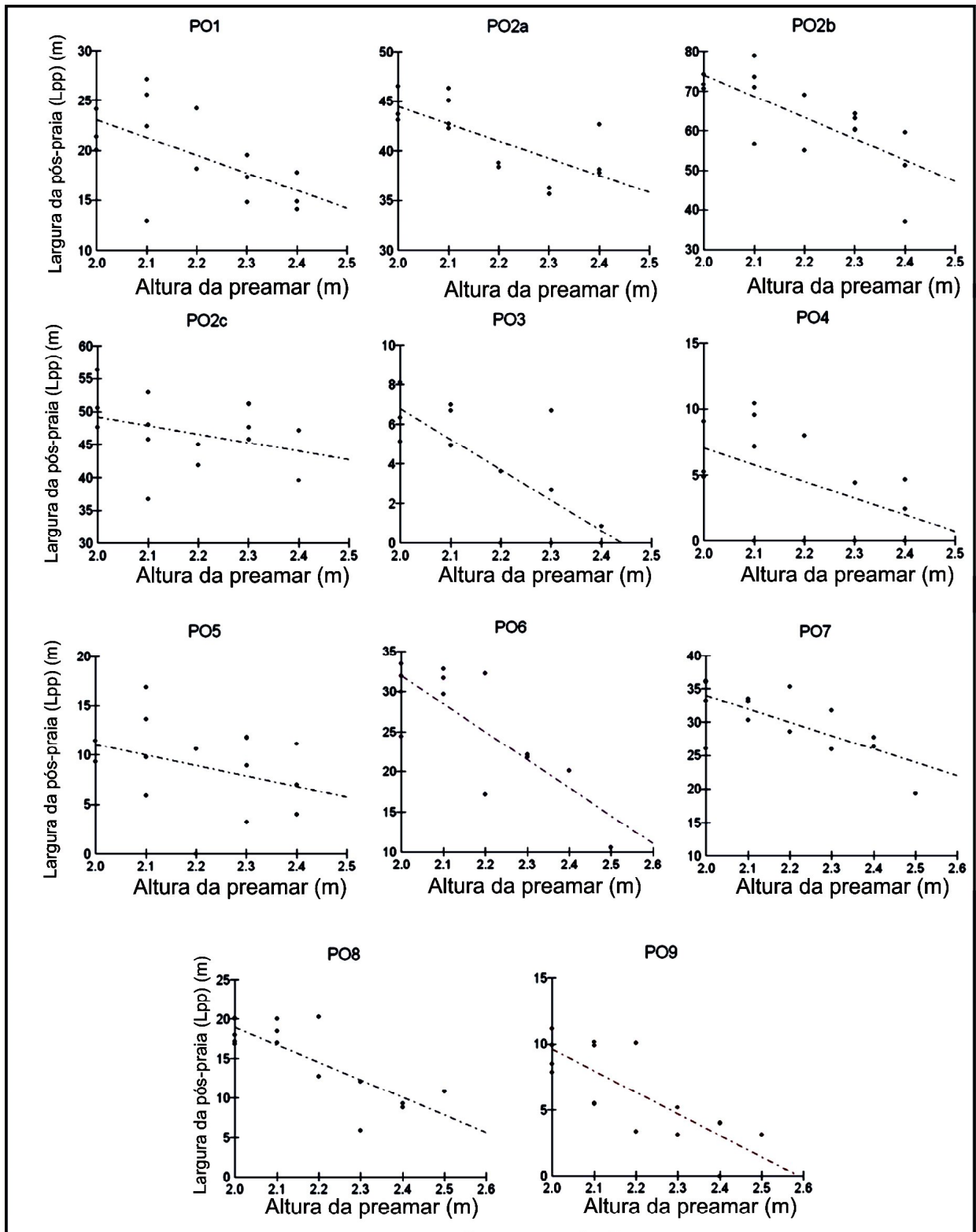


Figura 4. Regressão Linear entre a Largura de Pós praia e a Altura da preamar ($\alpha=0,05$).

Figure 4. Linear regression between the backshore width and high tide height ($\alpha = 0.05$).

órgãos públicos locais para designar locais onde as estruturas urbanas estão mais ameaçadas pelo alcance do mar) identificados durante o período de monitoramento foram: PO3, PO4, PO5 (localizados na praia de Bairro Novo), PO8 e PO9 (localizados na praia de Rio Doce). A praia de Rio Doce possui também problemas de baixa circulação de água associado a altos níveis de poluição e é considerada a de pior qualidade pelos usuários das praias de Olinda (Pereira et al., 2007). A praia de Bairro Novo, apesar da ausência da praia recreativa durante alguns períodos do ano, é sempre freqüentada devido à presença do calçadão e de bares localizados em cima do sistema de espigões.

As estruturas artificiais construídas em Olinda além de não terem atendido efetivamente os objetivos de proteger as obras urbanas e aumentar a largura da praia acarretaram em diversas mudanças morfológicas e hidrológicas. Além disso, de acordo com Pereira et al. (2003a) após a construção dessas estruturas houve grande degradação dos recifes de corais, acumulação de lixo, proliferação de microorganismos, acumulação de sedimentos finos e diminuição da qualidade das águas.

5. CONCLUSÕES

A metodologia utilizada mostrou-se uma ferramenta simples, de baixo custo e bastante eficaz para obter tendências a curto prazo das variações na linha de costa. Ela permite determinar a posição da linha de costa, usando como indicativo a distância da linha de preamar em relação a um ponto fixo (referencial de nível).

A desvantagem desse método reside em seu caráter de identificação pontual da linha de costa, contudo, por ser de rápida operação, vários pontos de monitoramento podem ser efetuados um único dia, em pequenos intervalos de tempo (uma vez a cada mês, por exemplo), e podem representar um trecho da praia em questão. Recomenda-se que seja dada prioridade ao monitoramento de pontos críticos de erosão costeira.

O acompanhamento mensal da posição da linha de preamar mostrou que a posição da linha de costa pode variar em até aproximadamente 30m em preamares de mesma altura em meses diferentes sem que seja indício de tendência erosiva ou acresciva. Foi

possível identificar também, que as estruturas urbanas (calçadões e casas) de duas praias (Bairro Novo e Rio Doce) encontram-se mais comprometidas pelo alcance do mar, onde foi registrada a ausência da pós-praia durante os meses do ano com maior intensidade de vento e altura de onda.

Durante o período de monitoramento não se observou uma tendência erosiva ou acresciva para o litoral de Olinda e sim períodos de erosão (agosto/setembro) e acrescção (dezembro a fevereiro) relacionados com a mudança da altura da onda e da intensidade dos ventos.

A implantação de um programa permanente de monitoramento da linha de costa (a caráter dos que são realizados por órgãos públicos ambientais para o acompanhamento da qualidade das águas, vazão e turbidez de bacias hidrográficas) será útil para a obtenção de resultados mais precisos sobre o comportamento da linha de costa e verificação de padrões sazonais na sua posição. Dessa forma, as ações da prefeitura para proteção da costa podem ser melhor planejadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe a aos parceiros do projeto MAI (Monitoramento Ambiental Integrado - avaliação da erosão costeira nos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes), especialmente a Prefeitura Municipal de Olinda e a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH. Este trabalho está inserido no projeto MAI, financiado pela FINEP (Convênio 2598/2005).

BIBLIOGRAFIA

- Anfuso, G., Domínguez, L. & Gracia, F.J. (2007) - Short and medium-term evolution of a coastal sector in Cadiz, SW Spain. *Catena*, 70(2):229–242. (doi:10.1016/j.catena.2006.09.002)
- Anders, F.J. & Byrnes, M.R. (1991) - Accuracy of shorelines change rates as determined from maps and aerial photographs. *Shore & Beach*, 59(1):17–26.
- Bird, E.C. (1993) - *Submerging coasts*. 184p., J. Wiley and Sons (ISBN-13: 9780471938071)

- Boak, E.H. & Turner, I.L. (2005) - Shoreline definition and detection: a review. *Journal of Coastal Research*, 21(4), 688-703. (doi: 10.2112/03-0071.1)
- Costa, M.B.S.F. (2008) – Monitoramento da Morfologia e Sedimentologia das Praias de Casa Caiada e Rio Doce, Olinda - PE. Monografia de Graduação, Universidade Federal de Pernambuco, 89p.
- Crowell, M., Leatherman, S.P., & Buckley, M.E. (1991) - Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. *Journal of Coastal Research*, 7(3):839-852.
- DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação (s/d) - Tábuas das Marés (pra 2006 e 2007). <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>. (acedido Jun 06)
- Dolan, R., Hayden, B.P. & Heywood, J. (1978) - A new photogrammetric method for determining shoreline erosion. *Coastal Engineering*, 2(1):21-39. (doi:10.1016/0378-3839(78)90003-0)
- Dolan, R., Hayden, B. P., May, P., & May, S. K. (1980) - The reliability of shoreline change measurements from aerial photographs. *Shore and Beach*, 48(4):22-29.
- Esteves, L. S., Dillenburg, S. R. & Toldo, J. R. (2003) - Regional alongshore variability of shoreline movements in southern Brazil. In: Sallenger, Howd & Davis (eds.), *Coastal Sediments 2003*, 11p. (CD-ROM), World Scientific Publishing Company. (ISBN-13: 9789812384225)
- EuroSION (2004) - Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability. A guide to coastal erosion management practices in Europe. (<http://www.euroSION.org/shoreline/introduction.html>) (Acedido Jul2008).
- Forbes, D., Parkers, G., Manson & Ketch, G.K. (2004) - Storms and shoreline retreat in the southern Gulf of St. Lawrence. *Marine Geology*, 210 (1-4):169-204. (doi:10.1016/j.margeo.2004.05.009)
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Dados meteo-oceanográficos. In: [//www.inpe.br](http://www.inpe.br). (acedido Fev 2007).
- Jiménez, J., Sánchez-Arcilla, A., Bou, J. & Ortiz, M. (1997) - Analysing short term shoreline changes along the Ebro delta (Spain) using aerial photographs. *Journal of Coastal Research*, 13(4):1256-1266.
- Jornal do Commercio (2007). Recife Olinda e Paulista em alerta. In: [//www.jornaldocomercio.com.br](http://www.jornaldocomercio.com.br). Acedido Ago/2007.
- Leatherman, S.P. (1983) - Shoreline mapping, a comparison of techniques. *Shore & Beach*, 51(3):28-33.
- Moore, L.J. (2000) - Shoreline mapping techniques. *Journal of Coastal Research*, 16(1):111-124.
- Morton, R.A. (1991) - Accurate shoreline mapping, past, present, and future. In: Kraus, N. C., Gingerich, K. J., e Kriebel, D. L. (eds.), *Coastal Sediments 1991*, pp. 997-1010. (ISBN: 0872628086).
- Muehe, D. (2001) - Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2(1):35-44. (http://www.ugb.org.br/artigos/SEPARATAS_RBG_Ano_2001/Revista2_Artigo03_2001.pdf)
- Prefeitura de Olinda (s/d) – Guia turístico/praias. http://www.olinda.pe.gov.br/portal/guia_praias.php. (acedido Jun 2008)
- Pajak, M.J. & Leatherman, S.P. (2002) - The high water line as shoreline indicator. *Journal of Coastal Research*, 18(2):329-337.
- Pereira, L.C.C., Jimenez, J.A. & Medeiros, C. (2003a) - Environmental degradation of the littoral of Casa Caiada and Rio Doce, Olinda-PE (Brazil). *Journal of Coastal Research*, SI-35:502-508.
- Pereira, L.C.C., Jiménez, J.A., Gomes, P.B., Medeiros, C. & Costa, R.A.A.M. (2003b) - Effects of Sedimentation on Scleractinian and Actinian Species in Artificial Reefs at the Casa Caiada Beach (Brazil). *Journal of Coastal Research*, SI-35:418-425.

- Pereira, L.C.C., Medeiros, C., Jimenez, J.A. & Costa, R.A.M. (2005) - Topographic changes in two highly sheltered beaches, Casa Caiada and Rio Doce-PE (Brazil). *Journal of Coastal Research*, SI-39:644-647.
- Pereira, L.C.C., Jimenez, J.A., Medeiros, C. & Costa, R.A.M. (2007) - Use and Occupation of Olinda Littoral (NE, Brazil): Guidelines for an Integrated Coastal Management. *Environmental Management*, 40(2):210-218. (doi: 10.1007/s00267-005-0281-4)
- Pontes, P.M. (2008) - Morfologia e sedimentologia das praias do litoral sul do município de Olinda - PE. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 121p.
- Souza, M.C. & Angulo, R.J. (2003) - Decadal and interannual variations of coastline and beach volumes in Itapoá (Santa Catarina, Brazil). *Journal of Coastal Research*, Itajaí, SI-35:202-208.
- Stafford, D.B. (1971) - *An Aerial Photographic Technique for Beach Erosion Surveys in North Carolina*. U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, 115p, Vicksburg, MS, USA. (ISBN: B0006W18WG)
- Smith, G. & Zarillo, G. (1990) - Calculating long-term shoreline recession rates using aerial photographic and beach profiling techniques. *Journal of Coastal Research*, 6 (1):111-120.
- Stockdon, H.F., Sallenger, A.H., List, J.H. & Holman, R.A. (2002) - Estimation of shoreline position and change using airborne topographic lidar data. *Journal of Coastal Research*, 18(3):502- 513.
- Zhang, K., Huang, W., Douglas, B.C. & Leatherman, S.P. (2002) - Shoreline position variability and long-term trend analysis. *Shore and Beach*, 70(2):31-35.