

VARIAÇÃO LONGITUDINAL DOS SEDIMENTOS DE PRAIA E SUA RELAÇÃO COM A INCLINAÇÃO DA FACE PRAIAL E A MORFODINÂMICA, MUNICÍPIO DE PAULISTA-PE.

Patricia Fernanda Passos de Oliveira¹

Hewerton Alves da Silva²

Eduardo Paes Barreto³

Lucia Maria Mafra Valença⁴

Valdir do Amaral Vaz Manso⁴

^{1 3} Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Geociências, patriciapassosoliveira@gmail.com; edubarreto@hotmail.com

² Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, he.was@gmail.com.

⁴ Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Geologia, lmnv@ufpe.br; , vazmanso@uol.com.br.

RESUMO

A zona costeira tem sido alvo de vários problemas ambientais devido aos efeitos diretos do crescimento demográfico com o aumento da ocupação desordenada da costa. As variações na textura dos sedimentos praias ao longo da costa e seu padrão de distribuição fornecem valiosas informações sobre os principais processos atuantes em praias arenosas. O município de Paulista está inserido na Região Metropolitana do Recife, e atualmente apresenta graves problemas de erosão associado à ocupação da pós-praia. Este estudo propôs identificar as características granulométricas dos sedimentos do estirâncio médio das praias, correlacionando-as com a inclinação da face praial. Para uma melhor análise foi realizada uma caracterização geoambiental das praias, no instante da coleta e das medições, bem como tentou-se inferir os estágios morfodinâmicos das praias. Pode-se constatar que nas praias da área de estudo predominam areias quartzosas com classe modal dominante de areia média, e que a distribuição granulométrica da face de praia possui semelhança com a distribuição da plataforma interna, com fração mais frequente correspondendo a areia fina/areia média. Dominam grãos moderadamente selecionados, com assimetria entre muito positiva a positiva. A inclinação da face praial quando comparada com o tamanho do sedimento, teve uma relação inversa, onde as maiores declividades ocorreram onde o tamanho do sedimento é menor, e as maiores declividades estão relacionadas com menor tamanho do grão. A classificação morfodinâmica das praias foram de praias intermediárias na maioria dos pontos analisados.

Palavras Chave: Sedimentos, Inclinação da face praial, Caracterização geoambiental, Morfodinâmica

ABSTRACT

The coastal area has been the core of several environmental problems due to the direct effects of population growth with increasing disordered occupation of the coast. The variations in the beach sediment texture along the coast and their distribution pattern provide valuable information about key processes acting on sandy beaches. Paulista city is located in the Metropolitan Region of Recife, and currently has serious erosion problems associated with the occupation of backshore. This study aimed to

identify the particle size characteristics of beaches sediments average, correlating them with the tilt of the beach face. For a better analysis, a geoenvironmental characterization of the beaches was developed, at the time of collection and measurement, and we tried to infer the morphodynamic states of beaches. One can see that the beaches in the study area predominantly quartz sands with dominant modal class of medium sand, and that the size distribution of beach face has resemblance to the distribution of the inner shelf, with more frequent fraction corresponding to fine sand / sand average. Moderately selected grains dominate, with very positive asymmetry between positive. The inclination of beach face, when compared with the size of the sediment, was an inverse relationship, where the greatest steepness occurring where the size of the sediment is smaller and larger slopes are related to smaller grain size. The morphodynamic classification of beaches were intermediate in most points analyzed.

Keywords: Sediments, Inclination of the beach face, Geoenvironmental characterization, Morphodynamic.

INTRODUÇÃO

As praias arenosas ocorrem em todas as latitudes, tipos de clima, marés e formas da zona costeira onde a ação das ondas interagem com sedimentos acumulados nas linhas de costa. Sua extensão e características dependem basicamente da variação da maré, altura de onda, período de onda, tamanho do grão e forma da praia em planta (Short, 1999).

O entendimento da dinâmica sedimentar no ambiente praiar é de grande importância para o planejamento ambiental das regiões costeiras, auxiliando na compreensão de modelos físicos de previsão de mudanças nos posicionamentos da linha de praia, em resposta às variações do nível do mar, e na alteração na taxa de sedimentação (Suguio *et al*, 2005).

Geólogos têm trazido importantes contribuições ao estudo das praias, especialmente dos sedimentos. Em suas investigações têm se concentrado nas várias propriedades dos sedimentos tais como a distribuição estatística do tamanho do grão, incluindo variações de tamanho ao longo das praias, o grau de arredondamento e forma do grão. As variações na textura dos sedimentos

praiais ao longo da costa e seu padrão de distribuição fornecem valiosas informações sobre os principais processos atuantes em praias arenosas, onde o tamanho e a constituição dos grãos que formam as praias exercem um importante papel no comportamento e na variação da declividade das praias arenosas (Komar, 1976, Araújo, 2008).

Segundo informações do MMA, (2002) a importância principal do tipo de declividade em praias é o seu efeito na reflexão e quebra das ondas. Litorais muito inclinados levam ao rompimento abrupto e reflexão das ondas, com elevadas velocidades de espraiamento e refluxo na encosta ou face da praia.

A população de sedimentos do estirâncio é gerada predominantemente por processos aquosos associados aos regimes normais de 'swash e backwash', com mínima atuação de processos eólicos. São sedimentos que mais refletem as condições médias da energia das ondas. Quanto menos inclinada for a face da praia, maiores serão as diferenças de velocidade entre as correntes de 'swash' e 'backwash', e como consequência, maiores as diferenças no tamanho de grão entre as populações de 'swash' e 'backwash', resultando em um menor grau de seleção das amostras no estirâncio Evans, (1939).

Segundo Bascom (1951) o tamanho do grão influencia diretamente a declividade da face da praia. Quanto menor o tamanho do grão menor será a declividade da face da praia. Wiegel (1964) afirma que uma praia com mesmo tamanho de grão pode ter declividades diferentes. Sunamura (1984) expôs a partir de dados de observação de várias praias e experimentos que a declividade da praia ($\tan\beta$) é função do tamanho do grão (Ws) e das características da onda como altura significativa da onda na arrebentação (Hb) e período de onda (T), a que a praia é submetida,

sugerindo assim a equação $\tan\beta=0,12/(Hb/g^{1/2}.T.d^{1/2})$ (1), que demonstra que a declividade da face da praia diminui com o aumento da altura da onda e com a diminuição do período. Kriebel et al. (1991) reanalisando dados de Sunamura (1984), sugeriram a equação $\tan\beta=0,15\Omega^{-1/2}$ (2), que foi modificada para a forma $\Omega=0,0225/\tan\beta^2$ (3). Com essa equação é possível calcular o parâmetro adimensional ômega (Ω) através da declividade da face da praia. Parâmetro mais fácil de ser observado e determinado em campo (Tabela 1).

Tabela 1:Valores limites teóricos da declividade da face da praia para os estágios morfodinâmicos.

Estágios	Ω	Tan β
Dissipativo	$\Omega>6$	Tan $\beta<0,61$
Intermediário	$1<\Omega<6$	$0,61<\text{Tan } \beta<0,15$
Refletivo	$\Omega<1$	Tan $\beta>0,15$

O significado físico do parâmetro adimensional (Ω) demonstrado por Dean (1973) estabelece se um grão de areia, quando colocado em suspensão pela passagem de uma onda, pode, ou não, sedimentar durante o tempo em que o fluxo de água, induzido pela propagação da onda, se desloca em direção à praia. Se isto acontecer, o sedimento vai se mover da zona de arrebentação para a praia, produzindo um perfil de acreção (*swell*) mais refletivo. Em situação contrária, o grão ficando em suspensão por um período mais longo, tende a se deslocar em direção ao mar desenvolvendo, assim, um perfil de erosão (mais dissipativo).

Este estudo visa identificar as características granulométricas dos sedimentos do estirâncio médio das praias do município de Paulista correlacionando-as com a inclinação da face praias através do interpolador estatístico

da krigagem. Para uma melhor análise foi realizada uma caracterização geoambiental das praias. Tentou-se inferir os estágios morfodinâmicos das praias. Tendo em vista que a classificação morfodinâmica de uma praia requer a mensuração de outras variáveis e parâmetros, este estudo propõe testar a aplicabilidade da equação de Kriebel et al. (1991).

Localização e Caracterização da Área de Estudo

O município de Paulista faz parte na Região Metropolitana do Recife. De acordo com o Projeto Monitoramento Ambiental Integrado (MAI) 2008, possui graves problemas de erosão, com 40,4% de sua área com alta densidade de ocupação, e 29,9% com baixa densidade, indicando que os problemas de erosão têm uma relação

VARIAÇÃO LONGITUDINAL DOS SEDIMENTOS DE PRAIA...

direta com o aumento da ocupação do solo próximo ao litoral e à ocupação

urbana desordenada da faixa de pós-praia, (Figura 1).

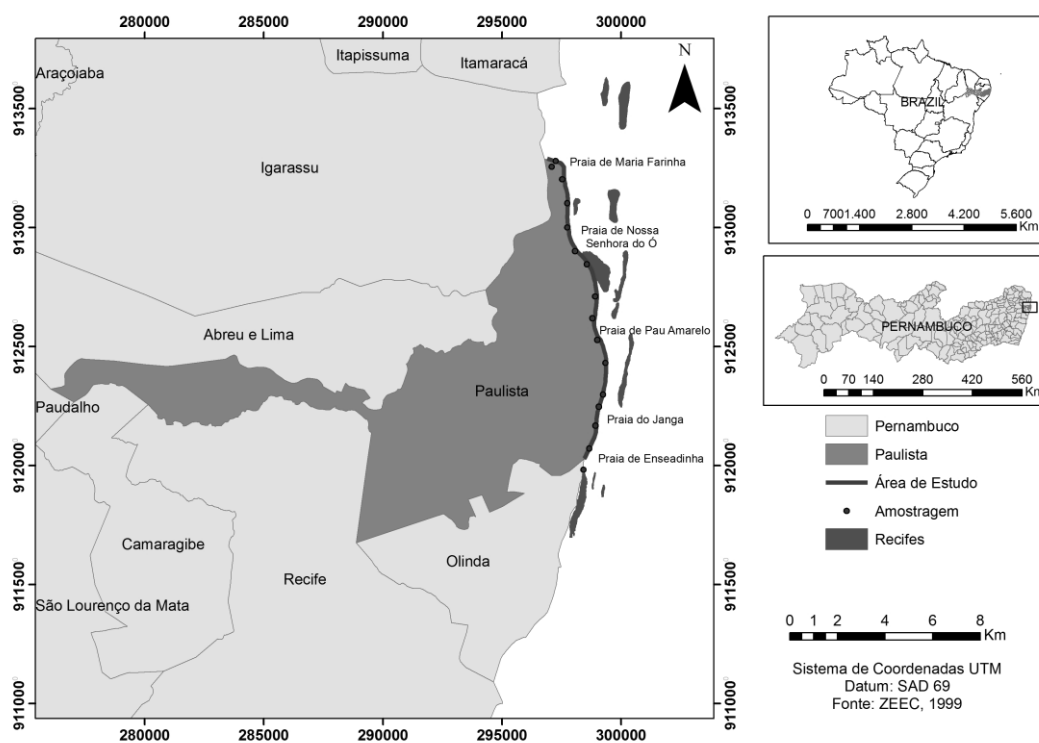


Figura 1: Localização da Área de Estudo.

As ondas de gravidade possuem alturas significativas médias de 0,27 a 0,29 m, a característica mais marcante desse litoral é o efeito dos recifes sobre o padrão de difração e altura das ondas (CPRH, 2003).

Face à grande cobertura de recifes algálicos na plataforma interna adjacente do Município de Paulista, que ocupam aproximadamente 75% da área e controlam a distribuição espacial da granulometria, Figura 2. A fração mais frequente encontrada na plataforma corresponde a areia fina, que ocorre na porção norte da área, adjacente à praia

de Conceição. Areia média é a segunda fração mais frequente, localizada preferencialmente na porção sul da área. Em terceiro lugar, tem as ocorrências de lama (silte + argila), sendo uma na parte norte adjacente à face interna dos recifes, e outra na parte central, adjacente à face externa dos recifes. As areias grossas ficam em quarto lugar e localizam-se, preferencialmente, na porção central da área, e são controladas pelas bordas externas dos recifes, e a última fração mais frequente é a areia muito fina MAI, (2008).



Figura 2: Recifes algálicos da plataforma interna na praia de Conceição.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização desta pesquisa foi realizado uma coleta de sedimentos *in loco* no dia 05/07/2012, próximo à hora da maré baixa. Foram realizadas 16 coletas de sedimentos no estirâncio médio (Sentido Sul/Norte) das praias do município de Paulista com equidistância de 1 km. Em praias onde não foi possível a coleta devida ausência de estirâncio causada pela erosão costeira, esta equidistância foi maior ou menor que 1km. Em cada ponto de coleta de sedimentos foi medida a declividade da face praial, onde também foram observadas as características geomorfológicas que melhor caracterizassem o ambiente praial de acordo com as feições morfológicas presentes na praia, tais como: presença de recifes, ocupação da pós praia e etc. As amostras foram triadas no citado Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha da UFPE. Para realização da análise granulométrica foi adotada a metodologia de Suguio (1973), que envolve a separação das frações cascalho, areia e lama. Na primeira etapa, após secagem das amostras em estufa, foi tomada uma alíquota de 100 g para peneiramento via úmida, utilizando-se peneiras com aberturas de 2 e 0,062 mm. O material maior que 2 mm e 0,062 mm, correspondente à fração cascalho e areia, respectivamente, foi colocado para secar em estufa, com temperatura inferior a

60°C. Posteriormente, o material retido na peneira com abertura de 0,062 mm foi submetido ao processo de peneiramento seco, a intervalos de $\frac{1}{2}$ f. Foi utilizado o software Sysgram para o processamento da análise granulométrica e determinação de parâmetros estatísticos, empregando a classificação proposta por Folk & Ward (1957) *apud* Suguio, (1973). Para espacializar os resultados dos sedimentos foi utilizado o método da krigagem no programa Surfer 9. Segundo Landim (2003), a krigagem normalmente é usada para previsão do valor pontual de uma variável regionalizada em um determinado local dentro do campo geométrico, pois é um método de interpolação estatístico exato que considera todos os valores observados. A krigagem usa informações a partir do semivariograma para encontrar os pesos ótimos a serem associado às amostras que irão estimar um ponto, um painel ou um bloco. Tornando-se mais viável a melhor estimativa possível para locais não amostrados, pela minimização da variância do erro.

RESULTADOS

Caracterização Geoambiental

Para uma maior compreensão da relação da face de praia com os outros setores do ambiente praial foi realizada uma caracterização ambiental das praias

dos pontos de coleta de sedimentos, Tabela 2. A largura da faixa de praia nos pontos de amostragem variou ao longo de toda linha de costa, alternando de poucos metros em áreas com processos erosivos intensos, até alguns quilômetros como no pontal de Maria Farinha e em praias com a presença de quebra-mares, a exemplo de alguns trechos da praia do Janga. A ocupação

desordenada da pós-praia se manifesta em quase todo litoral, mas é mais intensa na parte sul e central onde o calçadão, bares, e casas comprimem o ambiente praiial dificultando a troca de sedimentos, podendo ser corroborado em campo uma estreita relação entre erosão e ocupação da pós-praia neste litoral, Figura 3A e 3B.



Figura 3ª e B: Ocupação da pós-praia por casas e bares, ambas as fotos foram tiradas na maré baixa.

Com relação às estruturas artificiais de proteção e contenção costeira de acordo com a CPRH, (2003) o município de Paulista tem sido alvo de graves problemas de erosão, associados à implantação de obras de contenção à erosão que fixam a linha de costa, mas não recuperam a praia. O município vem implantando obras de contenção à erosão desde 1994, sem no entanto alcançar resultados satisfatórios, pois o sistema de proteção implantado atua de forma pontual contra a erosão, representando mais uma barreira ao transporte de sedimentos e, provavelmente, potencializa o desequilíbrio no balanço sedimentar costeiro.

As feições morfológicas identificadas em campo estão principalmente relacionadas às variações das marés (marcas de fluxo, de escorrimento e onduladas, terraço de baixa-mar), ao efeito da refração/difração das ondas pelos recifes e à presença de estruturas artificiais (tômbolos). As feições puderam inferir desta forma, o agente hidrodinâmico atuante na formação das mesmas.

Vale ressaltar que a presença de recifes é uma feição morfológica bastante importante neste litoral, sendo responsável pela configuração da linha de costa, pela granulometria, e pela própria morfologia de cada praia devido às mudanças nos padrões de ondas.

Tabela 2: Caracterização Ambiental das Praias.

Ponto	Coordenadas UTM	Ocupação Pós-praia	Recifes	Erosão	Estruturas Artificiais	Feições Morfológicas
1	298434m E 9119825m S	Casas Vegetação arbustiva,	Recife na antepraia	Sim	Molhe	Terraço de baixa-mar, berma
2	298672m E 9120725m S	Vegetação arbustiva	Não	Não	Quebra-mar	Berma, Tômbolos, duna frontal
3	298934m E 9121691m S	calçadão Vegetação arbustiva,	Sim, na face praial	Sim	Quebra-mar, enrocamento	Beachrocks, marcas de fluxo
4	299069m E 9122481m S	Calçadão	Não	Sim	Enrocamento, quebra-mar	Berma e escarpa, marcas de fluxo
5	299244m E 9122991 m S	Bares vegetação Arbustiva	Não	Sim,	Enrocamento, quebra-mar	Berma, marcas onduladas, marcas de fluxo
6	299355m E 9124315 m S	Casas, bares	Sim, na face praial	Sim	Enrocamento	Beachrocks
7	299001m E 9125293 m S	-	sim, na antepraia	Não	Enrocamento	-
8	298804m E 9126199m S	Casas, aterro (barro)	Não	Sim, escoamento superficial	Enrocamento, sacos de areia	Escarpa erosiva
9	298916m E 9127112m S	Coqueiros	Não	Sim	Muro, enrocamento	Marcas de escoamento, berma
10	298571m E 9128471m S	Coqueiros, cerca	Não	Sim	Sacos de areia	Berma bem desenvolvida e escarpa
11	298075m E 9129012m S	Casas, vegetação arbustiva	Não	Sim	Não	Berma
12	297746m E 9130004m S	Casas, vegetação arbustiva	Não	Sim	Não	Berma e escarpa de berma, duna frontal
13	297748m E 9131030m S	Casas, bares, vegetação arbustiva	Não	Sim	Não	-
14	297537m E 9132035m S	Casas	Não	Sim	Muros, enrocamento	-
15	297267m E 9132800m S	-	Não	Não	Não	Spit, marcas onduladas (vento)
16	297096m E 9132548m S	Vegetação arbustiva na pós-praia	Não	Não	Não	-

Características Granulométricas e Parâmetros Estatísticos

As características texturais dos sedimentos obtidas de acordo com a análise granulométrica e seguindo a classificação textural de Shepard (1954), teve predomínio areia quartzosa, com percentuais de diâmetro médio das

distribuições granulométricas de 63% areia média, 25% areia fina e 12% de areia grossa, Figura 4. As praias ao sul e central do município variaram entre areia média/ areia grossa, e a outra porção mais a norte variou em areia média/areia fina, e este aporte de areia fina pode estar relacionado à proximidade da foz do rio Timbó.

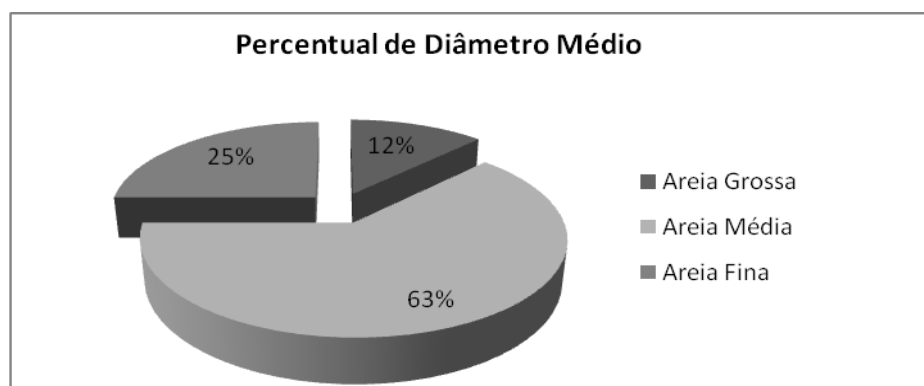


Figura 4: Percentual do diâmetro médio das populações de areia das praias do município de Paulista em 2012.

A dinâmica sedimentar e morfológica do litoral de Paulista foi sujeita a levantamentos pelo Projeto MAI, (2008) durante um período de 15 meses, onde foram coletados sedimentos superficiais do estirâncio médio em sete perfis de praia distintos podendo-se constatar que o diâmetro médio dos sedimentos de maior representatividade foi de areia média Tabela 3, corroborando a predominância deste diâmetro nesta pesquisa.

A distribuição do desvio padrão apresentou-se como sedimentos com grau moderadamente selecionados compreendendo 62% das amostras, que tem maior predominância no setor mais a sul do município, representando um relativo índice de selecionamento. Os sedimentos bem selecionados e pobremente selecionados compreendem igualmente 19% das amostras, distribuídos na porção norte e central do litoral estudado, Figura 5.

Tabela 3: Distribuição do diâmetro médio dos sedimentos no litoral de Paulista de acordo com o Projeto MAI, (2008).

Perfil	Coordenadas	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina
PA1	298454 E 9120349 S		100%	
PA2	298941 E 9121662 S	13%	66%	21%
PA3	299188 E 9122875 S		40%	60%
PA4	298966 E 9125462 S		73%	27%
PA5	298831 E 9126240 S		40%	33%
PA6	298414 E 9128634 S		100%	
PA7	297748 E 9130694 S		100%	

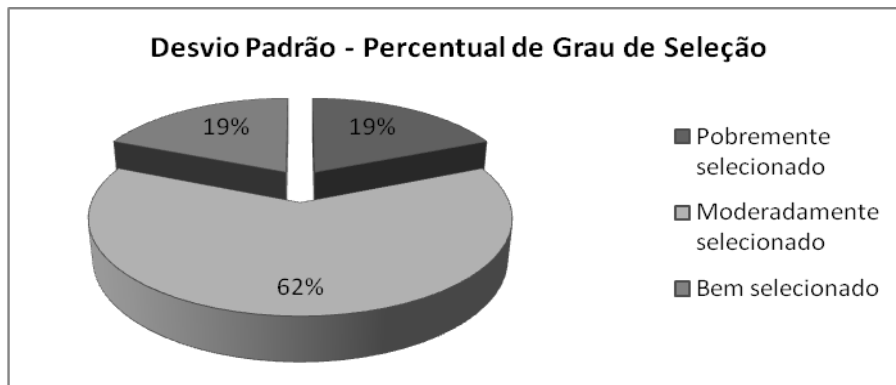


Figura 5: Percentual do Desvio Padrão das populações de areia das praias do município de Paulista em 2012.

O grau de assimetria de um sedimento é indicado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana e é controlada mais pelo processo deposicional do que por condições de transporte. (Suguio, 1973). Os valores assimétricos variaram entre muito positiva (25%) a positiva (38%), e muito negativa (19%), indicando

mudanças nas condições de energia do ambiente, Figura 6.

A curtose dos sedimentos analisados tiveram percentagens platicúrtica, muito leptocúrtica e mesocúrtica de 31%, indicando prováveis ciclos de remoção e deposição, Figura 7.

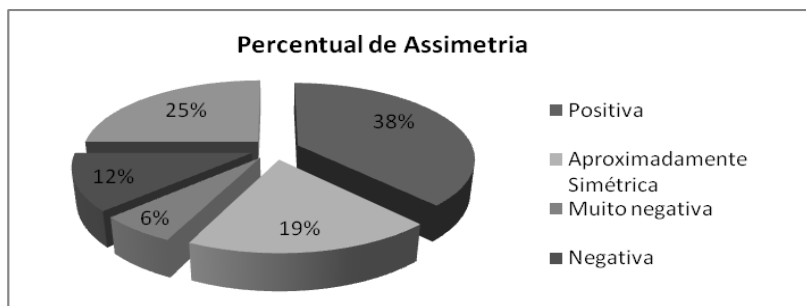


Figura 6: Percentual da Assimetria das populações de areia das praias do município de Paulista em 2012.

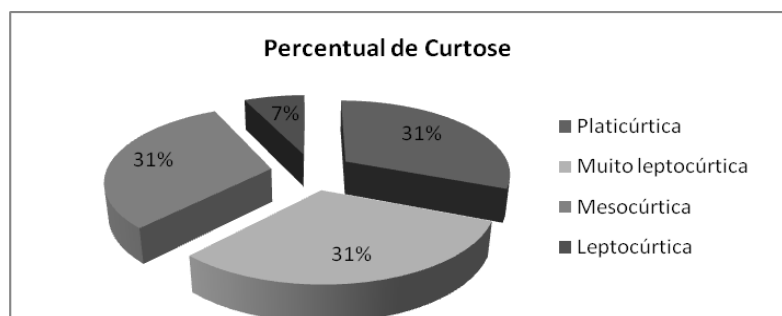


Figura 7: Percentual da Curtose das populações de areia das praias do município de Paulista em 2012.

Relação entre Textura do Sedimento e Inclinação da Face de Praia

A declividade das praias estudadas foram classificadas em baixa ($> 5^\circ$), média (entre 5° e 30°) e alta ($>30^\circ$). A média das declividades da face praial encontradas em campo foi de 6° , podendo ser classificado como um litoral de média declividade. As maiores inclinações estão nas praias ao norte do município, variando entre 8° a 10° com areias média a fina, como no Pontal de Maria Farinha onde a inclinação da face praial foi de 10° . Ao sul do município foram medidas as menores declividades que variaram entre 4° a 7° com areias média a grossa, como exceção na praia de Enseadinha, onde foi registrado declividade de 11° , Figura 8. Segundo Bascom, (1951) a principal dificuldade na correlação entre o tamanho de grão da face praial e a declividade da face é que a última sofre modificações na medida em que a praia prograda ou retrograda. Mesmo se o diâmetro médio

do sedimento permanecer o mesmo, a praia se torna mais íngreme com deposição e mais plana com erosões. O autor também constatou que grãos maiores são encontrados em pontos de máxima turbulência e o tamanho dos grãos tende a decrescer com o decréscimo da turbulência

Os resultados obtidos de certa forma, tiveram uma relação inversa ao proposto pelos autores citados com relação à declividade, Tabela 4. Como forma de validar a relação entre o diâmetro médio dos sedimentos e a inclinação da face praial, foi utilizado a krigagem que é um método de interpolação estatística que tem como finalidade fornecer uma melhor estimativa de atributos não amostrados, neste caso serão estimados o diâmetro médio e a declividade em locais onde não foram realizadas as coletas de sedimento e medições da inclinação ao longo do litoral estudado.



Figura 8: A-Praia do Janga após o molhe do Rio Paratibe, com declividade de 11° a maior encontrada nas praias, predominando areias médias; B – Praia de Pau amarelo com inclinação de 6° ; C- Praia de Nossa senhora do Ó, com 8° de inclinação; D- Pontal de Maria Farinha, com declividade de 3° , a menor do litoral de Paulista composto por areia fina.

Tabela 4: Correlação dos dados de diâmetro médio dos grãos, declividade e classificação morfodinâmica.

Ponto	Coordenadas UTM	Sedimento Face Praia	Inclinação da Face Praia	Gradiente (Tan β)	$\Omega=0,0225/\tan\beta^2$	Classificação Kriebel et al (1991)
1	298434m E 9119825m S	Areia média	11°	0,1943	0,5968	Refletivo
2	298672m E 9120725m S	Areia média	4°	0,0699	4,6875	Intermediário
3	298934m E 9121691m S	Areia grossa	5°	0,0874	2,9605	Intermediário
4	299069m E 9122481m S	Areia média	4°	0,0699	4,6875	Intermediário
5	299244m E 9122991 m S	Areia grossa	7°	0,1227	1,5	Intermediário
6	299355m E 9124315 m S	Areia média	4°	0,0699	4,6875	Intermediário
7	299001m E 9125293 m S	Areia média	6°	0,1051	2,0	Intermediário
8	298804m E 9126199m S	Areia média	8°	0,1405	1,1421	Intermediário
9	298916m E 9127112m S	Areia fina	6°	0,1051	2,0	Intermediário
10	298571m E 9128471m S	Areia fina	8°	0,1405	1,1421	Intermediário
11	298075m E 9129012m S	Areia média	8°	0,1405	1,1421	Intermediário
12	297746m E 9130004m S	Areia média	10°	0,1763	0,7258	Refletivo
13	297748m E 9131030m S	Areia média	9°	0,1583	0,9	Refletivo
14	297537m E 9132035m S	Areia fina	7°	0,1227	1,5	Intermediário
15	297267m E 9132800m S	Areia fina	3°	0,0524	8,333	Dissipativo
16	297096m E 9132548m S	Areia média	10°	0,1763	0,7258	Refletivo

A determinação do tamanho do grão expressos numa escala granulométrica na escala de phi utilizada por Wentworth (1922), transforma os valores de milímetro para phi, Tabela 5. A escala de phi foi criada

para fins estatísticos, pois a escala milimétrica apresentou distorções no que diz respeito à distribuição dos grãos numa curva cumulativa (MACÊDO, 2011).

Tabela 5: Classificação dos sedimentos pela dimensão dos grãos nos limites dos valores em phi.

Classificação	Phi (ϕ)
Areia muito grossa	-1 a 0
Areia grossa	0 a 1
Areia média	1 a 2
Areia fina	2 a 3
Areia muito fina	3 a 4

Em análise dos resultados estatísticos da krigagem, Figura 9, pôde-se observar que o método é condizente com os resultados, onde as maiores declividades e o menor diâmetro do sedimento (areia fina) estão na porção mais a norte do município, e as menores declividades associadas com maior tamanho grão estão na parte sul. O que pode estar ligado ao fato das praias mais ao sul e central do município estarem sofrendo um processo erosivo mais intenso com a remoção dos sedimentos finos para a área da plataforma.

Ainda de acordo o modelo de Bascom (1951) declividade da praia é relacionada também ao diâmetro médio dos grãos e à quantidade de energia da onda que atinge o determinado ponto. A quantidade de energia da onda é uma função das condições de refração.

Consequentemente, praias protegidas são mais íngremes que praias expostas com o mesmo tamanho de grãos. Tendo em vista que a presença de recifes na plataforma é responsável pelos processos de refração/difração, a inclinação da face praial pode também estar sendo influenciada por este fator.

Classificação Morfodinâmica

A classificação morfodinâmica predominante encontrada nas praias de Paulista foi de praias em estado intermediário, (Tabela 4), que possui características de praias refletivas e dissipativas, possuindo características morfodinâmicas mais complexas e com maior instabilidade.. As praias em estágio intermediário possuem inclinação da face praial entre 2 a 4°, e em conjunto formam uma sequência cíclica de transferência do aporte

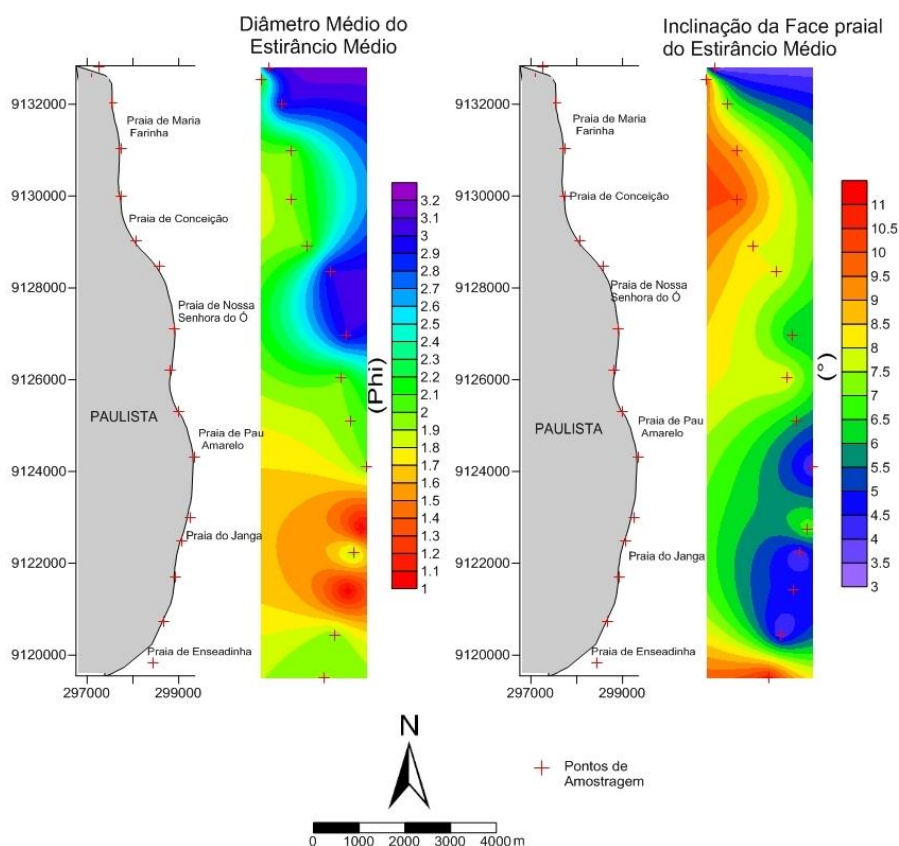


Figura 9: Distribuição do diâmetro médio e declividade do estirância médio do litoral de Paulista de acordo com método de interpolação da Krigagem.

sedimentar da praia para a zona submersa, durante as fases de alta energia das ondas e, da zona submersa para praia durante fases de menor energia das ondas. A dissipação das ondas aumenta com o incremento da sua altura e com a diminuição da declividade do fundo, enquanto a reflexão aumenta com a maior declividade da zona de surfe, resultado da transferência dos sedimentos da zona submersa para a praia (Muehe, apud Albino, 1999).

Já praias refletivas possuem declividades maiores que 4° e sedimentos grossos, e com baixa energia de onda. Praias dissipativas tem geralmente como características possuírem declividades menores que 2° e sedimentos finos, e maior energia de onda. De acordo com a Tabela 4, a classificação morfodinâmica das praias de acordo com a declividade relativamente condiz com a equação, já que as maiores declividades foram classificadas como refletivas (ponto 1 e 10), a menor inclinação 3° como dissipativa no ponto 15, e as demais como intermediárias. Mas de acordo com Calliari (2003) a morfodinâmica praial é um método de estudo o qual integra observações morfológicas e dinâmicas numa descrição mais completa e coerente da praia e zona de arrebentação, tornando a equação de Kriebel et al (1991) aplicável mas havendo a necessidade da observação de dados de onda e maré, e a realização de perfis de praia para uma classificação mais precisa, uma vez que a presença de recifes de arenitos dificultam essa classificação, tendo em vista que os tipos morfodinâmicos estabelecidos por Wright; Short (1984) são para praias sem este tipo de obstáculo, e para praias com regime de micromarés. O que torna mais adequado a classificação de Masselink & Short (1993) que analisaram a influência da maré sobre a morfodinâmica praial e verificaram que

a interação desta com a altura da onda resulta em distintas morfologias praiais. Esta interação foi resumida na formulação do índice RTR (Relative Tidal Range).

CONCLUSÃO

Existe uma estreita relação entre ocupação e erosão costeira na área de estudo, que pode ser corroborada em campo, onde as praias em estado mais crítico estão mais ao sul do município com a presença de casas, bares e um calçadão que comprimem o ambiente praial. A utilização de obras costeiras pontuais também contribui para atenuar a erosão uma vez que transfere o problema para praias adjacentes. As feições morfológicas estão relacionadas principalmente às variações das marés, ao efeito da refração/difração das ondas pelos recifes e à presença de estruturas artificiais. Vale ressaltar que a presença de recifes é uma feição morfológica bastante importante neste litoral, onde predominam areias quartzosas com classe modal dominante de areia média, que quando comparado com resultados do projeto MAI (2008) confirmam esta predominância. A distribuição granulométrica da face de praia possui semelhança com a distribuição da plataforma interna, com fração mais frequente correspondendo a areia fina/areia média na porção mais a norte e areia média/areia grossa na porção sul da área. Com relação aos parâmetros estatísticos dos sedimentos dominam grãos moderadamente selecionados, com distribuição dos valores de assimetria entre muito positiva, positiva e negativa. Os valores de curtose foram classificados como platocúrtica, muito leptocúrtica e mesocúrtica. A inclinação da face praial quando comparada com o tamanho do sedimento, teve uma relação inversa ao proposto por alguns autores citados. As maiores declividades ocorreram onde o tamanho do sedimento é menor, e as menores

declividades estão relacionadas com menor tamanho do grão, o que pode ser melhor compreendido pelo Modelo de Bascom (1951) o qual afirma que a quantidade de energia da onda é uma função das condições de refração. Consequentemente, praias protegidas são mais íngremes que praias expostas com o mesmo tamanho de grãos. A classificação morfodinâmica das praias foram de praias intermediárias na maioria dos pontos, o que de certa forma condiz com o que foi visto em campo, o que torna a equação proposta aplicável.

Agradecimentos

Os autores são gratos à Capes em função do apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa. Em especial ao Laboratório de Geologia e Geofísica marinha – LGGM – UFPE pelo apoio logístico prestado para a análise das amostras utilizadas para este trabalho.

Referências

- ALBINO, J., Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga à Povoação, ES. 1999. Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, USP. 175p.
- ARAÚJO, R. S. 2008. Morfologia do perfil praial, sedimentologia e evolução histórica da linha de costa das praias da Enseada de Itapocorói – Santa Catarina. Itajaí. 145p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade do Vale do Itajaí.
- CPRH, 2003. Publicações Agência Estadual de Meio Ambiente. Diagnóstico Socioambiental Litoral Norte. Recife, 214p.
- CALLIARI, L. J. 2003. Muehe, D.; Hoefel, F. G. & Toldo Jr., E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. *Revista brasileira de oceanografia*, 51: 63-78.
- DEAN, R. G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: Conference on Engineering Dynamics in the Surf Zone. Sydney, 1973. Proceedings. Sydney, Institute of Engineers, p. 208-214.
- EVANS, O. F. Sorting and transportation of material in the swash and backwash. *Journal of Sedimentary Petrology*. vol 9, nº 1, p. 28-31, 1939.
- KOMAR, P. D. 1976. Beach processes and sedimentation. New Jersey: Prentice Hall Inc. / Englewood Cliffs. 429 p.
- KRIEBEL, D. L., Kraus, N. C., e Larson, M. (1991). "Engineering Methods for Predicting Beach Profile Response". Proceedings of Conference on Coastal Sediments, 91, ASCE, pág. 557–571.
- LANDIM, P. M. B. Análise estatística de dados geológicos. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2003. 253 p.
- MACEDO, R. J. A. 2011. Caracterização Morfodinâmica E Geoambiental Da Praia De Maracaípe, Ipojuca – PE. Dissertação de Mestrado Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco.
- MMA, 2006. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro / MMA/SQA/Gercom
- MASSELINK, G.; Short, A. D. 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual model. *Journal of Coastal Research*, 9(3): 785-800.
- QUICK, M.C. (1991): "Onshore-Offshore Sediment Transport on

- Beaches" - CoastalEngineering, vol. 15, p. 3 13-332.
- SHORT, A. D. 1979a. Wave Power and beach stages: A global model. In: International Conference on Coastal Engineering, 16. Hamburg, 1978. Proceedings. Hamburg, ASCE. P. 1045-1062.
- SHORT, A. D. 1979b. Three dimensional beach stage model. *Journal of Geology*, 87(5): 553-571.
- SHORT, A.D. Beaches. In: Short, A.D. (Ed.). Handbook of beach and shoreface morphodynamics. Chichester. p. 3-20. 1999.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). 2002a. Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo/Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Programa de Gerenciamento Ambiental Territorial. Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 107p.
- SHEPARD, F. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios: *Journal Sedimentary Petrology*, 24: 151-158.
- SUGUIO, R.1973. Introdução à Sedimentologia. São Paulo: Edgard Blucher, 307p.
- SUGUIO, K. 2003. Geologia Sedimentar. São Paulo-SP. Editora Edgar Blucher Ltda. 400p.
- SUGUIO, K., Angulo, R. J., Carvalho, A. M., Corrêa, I. C. S., Tomazelli, L. J. E; Vital, H. 2005. Paleoníveis do Mar e Paleolinhas de Costa. In: SUGUIO et al. (Ed.) Quaternário do Brasil. Holos Editora, p.114-129.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro/MMA/SQA/Gercom.
- WEGEL, R.L. (1964): "Oceanographical Engineering" - Prentice-Hall.
- WENTWORTH, C.K., A escale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*. USA, v. 30, 1922.
- WRIGHT, L. D.; GUZA, R. T. & SHORT, A. D. 1982. Dynamics of a high energy dissipative surf zone. *Marine Geology*, 45(1-2): 41-62.
- WRIGHT, L. D. & SHORT, A. D. 1984. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56: 93-118.
- WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. & GREEN, M. O.1985. Short term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model. *Marine Geology*, 62(3-4): 339-364.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (2008). Monitoramento Ambiental Integrado – Avaliação dos Processos de Erosão Costeira nos Municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes. Relatório Técnico. (Projeto MAI).