

## **EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA DE DUNAS MÓVEIS ASSOCIADA À ANÁLISE GRANULOMÉTRICA EM BEBERIBE, CEARÁ.**

**MOURA-FÉ, M. M.<sup>1</sup>**

1. Bolsista CNPq de Iniciação Científica. . Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, CEP 608455-760, Fortaleza – Ce.marcelomourafe@gmail.com

**PINHEIRO, M. V. A.<sup>2</sup>;**

2. Bolsista UFC - Monitoria em Geomorfologia. . Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, CEP 608455-760, Fortaleza – Ce.monivirna@gmail.com

### **RESUMO**

Estudos sobre a gênese e evolução de dunas costeiras necessitam de considerações acerca da granulometria dessas feições geomorfológicas, pois é incontestável que o tamanho dos grãos possui relevante influência no comportamento das feições dunares em relação ao vento. Este trabalho tem como objetivo discutir significativas características granulométricas levantadas no campo de dunas entre a praia de Morro Branco e o leito do rio Choró, em Beberibe, Ceará, relacionando-as com os demais elementos naturais que exercem influência direta sobre o comportamento dinâmico das dunas na área em tela. A metodologia utilizada para se alcançar os objetivos propostos apoiou-se na perspectiva do Princípio do Uniformitarismo e na adoção de técnicas associadas. Foram realizadas: revisão bibliográfica, análises de imagens de satélite e fotografias aéreas de datas variadas, análises granulométricas de amostras recolhidas em setores das cristas das dunas de maior porte do setor (trabalhadas pelo método da peneiragem – frações maiores -, e da pipetagem – silte e argila. Classificadas a partir do software Anased 6.0) além de trabalhos de campo utilizando GPS, material cartográfico atual e máquina fotográfica. O campo de dunas analisado apresenta como forma mais marcante os Lençóis de Areia ou *Sandsheets*. As amostras para análises colhidas em pontos intermediários do campo de dunas, apresentaram frações de areias grossas com mais da metade de sedimentos variando entre 1,414 e 0,500mm de diâmetro – portanto, de muito grossa à grossa, enquanto as frações menos grosseiras, com areias variando entre 0,354 e 0,125mm (areias médias e finas) representam mais de 80% da amostra. Ambas frações sob a forma de marcas de ondas. Os estudos realizados mostraram que os sedimentos grosseiros presentes no topo do campo de dunas (lençóis de areia ou *sandsheets*) sob a forma de marcas de ondas indicam, em primeiro lugar, uma velocidade eólica significativa de grãos de areia acima da média. Segundo, os lençóis de areia oferecem condições favoráveis para sua ocorrência com topos suavizados e menos faces de avalanche. Tal quadro questiona as definições a respeito da diferença granulométrica dos sedimentos da base e topo dos campos de dunas. Por fim, as marcas de ondas podem retratar, numa escala menor, os mecanismos evolutivos dos lençóis de areia, ainda desconhecidos em maiores detalhes, embora, o presente trabalho apenas indique um viés possível. A continuidade dos estudos é um fator fundamental para uma melhor elucidação acerca da morfodinâmica dessa feição geomorfológica.

Palavras-chave: Evolução Geomorfológica, Morfodinâmica eólica, Dunas Móveis, Lençóis de Areia, Beberibe / Ce.

### **INTRODUÇÃO**

Como dunas definimos os depósitos de areias de composição quartzosa acumulados por um dos mais eficazes agentes de transporte, a dinâmica controlada pelos ventos (SILVA e CAVALCANTE, 2004). Os trabalhos de deflação e acumulação eólicas na zona costeira, portanto, são responsáveis pelo desenvolvimento desses extensos e contínuos cordões de dunas ao longo de todo o litoral cearense (SOUZA, 1988).

A formação dunares constituídas em condições marinhas e continentais estão associadas às oscilações do nível do mar, com conseqüentes subidas e descidas da linha de costa numa margem continental suavemente inclinada, cuja formação remonta à abertura

oceânica cretácea, a cerca de 100 Milhões de anos - Ma (PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2004).

Seu desenvolvimento ocorre naturalmente em margens costeiras afastadas da praia, sendo necessário um suficiente fornecimento de areias sempre secas, com ventos atuando sempre acima da velocidade mínima (HESP, 2000).

Portanto, para um estudo mais detalhado da gênese e evolução de dunas costeiras se faz necessário o entendimento a respeito de um fator, também, muito importante que é a granulometria, pois é inconteste que o tamanho dos grãos possui relevante influência no comportamento das feições dunares em relação ao vento.

Este trabalho tem como objetivo discutir significativas características granulométricas levantadas no campo de dunas entre a praia de Morro Branco e o leito do rio Choró, Beberibe, Ceará, relacionando-as com os demais elementos naturais que exercem influência direta sobre o comportamento dinâmico das dunas na área em tela.

### ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para o estudo é delimitada geograficamente à leste pela praia do Morro Branco, e à oeste pelo estuário do Rio Choró, ambos localizados nos limites do município de Beberibe, posicionada geograficamente entre as coordenadas 04°05'42 S e 04°09'18 S, e 38°06'18W e 38°09'54 W (fig. 01), abrangendo, uma área de aproximadamente 12 km<sup>2</sup> ao longo da planície costeira, perfazendo cerca de 7 km de linha de costa.

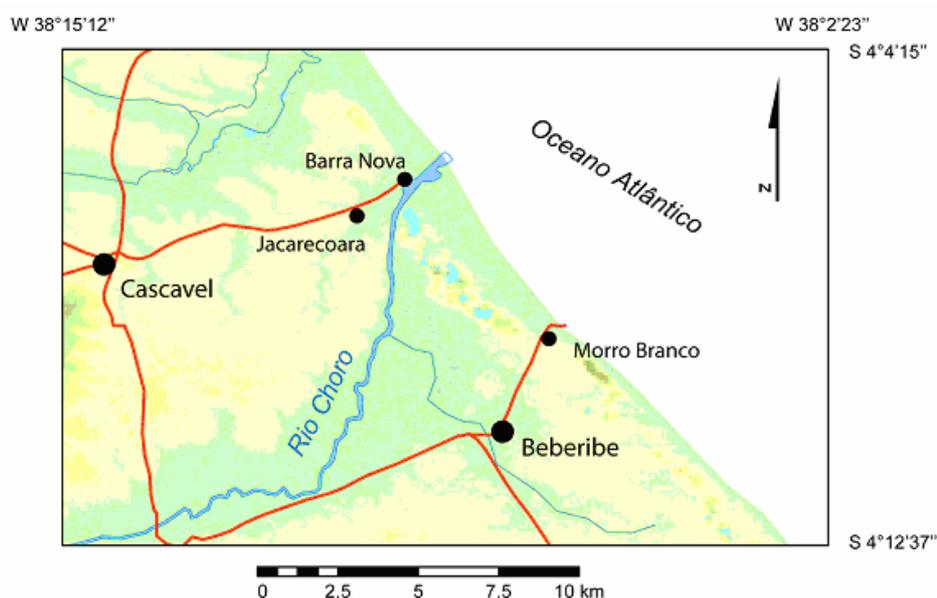


Fig.1- Localização da área de estudo

Localizada a 74 Km de Fortaleza, o acesso à área de estudo se dá por meio da rodovia CE – 040, ou “rodovia do sol nascente”. As principais praias localizadas nesse setor são as praias do Morro Branco e de Barra Nova.

## **METODOLOGIA**

A metodologia utilizada para se alcançar os objetivos propostos apóia-se na perspectiva do Princípio do Uniformitarismo ou Atualismo, dos ingleses James Hutton (1740-1797) e Charles Lyell (1802).

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizadas técnicas básicas associadas ao princípio metodológico, que possibilitaram o desenvolvimento do tema abordado. Foram realizadas uma detalhada revisão bibliográfica, análises de imagens de satélite e fotografias aéreas de datas variadas, análises granulométricas de amostras recolhidas em setores das cristas das dunas de maior porte do setor (trabalhadas pelo método da peneiragem – frações maiores -, e da pipetagem – silte e argila. Classificadas a partir do software Anased 6.0) além de trabalhos de campo utilizando GPS, material cartográfico atual e máquina fotográfica.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Gênese Dunar e suas Condições Sedimentológicas**

Para a formação de dunas costeiras é fundamental que a velocidade do vento e a disponibilidade de areias praias de granulometria fina sejam adequadas para o transporte eólico (MUEHE, 2003).

Estas condições são mais frequentemente encontradas em litorais com praias do tipo dissipativo a intermediário, que caracterizam-se por baixa declividade ( $< 2^\circ$ ) (ALMEIDA, 2002), ou seja, um gradiente suave, favorecidas pelo clima seco e a maior amplitude de maré (MUEHE, 2003), o contrário das praias reflectivas que formam-se onde a energia das ondas é baixa, onde predominam sedimentos grossos e/ou a zona de antepraia é relativamente profunda.

Assim, são as ondas oceânicas as grandes responsáveis pela remobilização de sedimentos na plataforma continental e a conseqüente formação das praias. Quando estas

aproximam-se das áreas mais rasas o movimento das partículas de água se modifica passando de circular a elíptico (TESSLER e MAHIQUES, 2003).

Sob o ponto de vista desses autores, a dinâmica sedimentar pode ser suficiente para não permitir que partículas finas (areias muito finas, silte e argilas) possam ser depositadas, levando a uma deposição preferencial de frações granulométricas mais grossas (areias médias e grossas) nos fundos dominados por ondas.

O litoral de Beberibe apresenta uma configuração praial do tipo dissipativo, com uma grande faixa de estirâncio recoberta por sedimentos de granulometria média a fina (Fig. 2).

O aporte sedimentar dessa área é alimentado pelas correntes marinhas que transportam os sedimentos postos em suspensão pelas ondas. No litoral leste cearense essa corrente possui, grosso modo, uma direção preferencial leste-oeste.



Fig. 2: Detalhe da faixa praial tipo dissipativo - Morro Branco / CE (Foto: Marcelo Martins, 2006).

Como frisamos anteriormente, as dunas se configuram como uma forma de relevo constituída inteiramente pela deposição de grãos pelos ventos. Tais formas ocorrem em escalas que variam de alguns milímetros (denominadas microondulações ou marcas onduladas) a quilômetros (megaondulações, incluindo dunas eólicas), e envolvem processos formadores cuja duração varia respectivamente de segundos a centenas de milhares de anos (Giannini e Riccomini, 2003).

### **Dunas e seus Processos Modeladores**

Cada forma de relevo deposicional corresponde a uma série de processos modeladores. No caso das dunas, estes processos incluem o transporte e deposição das

areias seja através de nuvens de grãos em suspensão, de avalanchas na parte frontal da duna, ou ainda pela migração de marcas onduladas em sua superfície. Incluindo, também, no longo termo e em escala espacial proporcionalmente maior, o fornecimento de areia pelas praias adjacentes e, em última instância, a própria dinâmica das ondas e marés responsável pelo excesso de areias existentes na costa, disponível, por conseguinte, para a ação do vento (GIANNINI e RICCOMINI, 2003).

Assim, tipos de formas sedimentares e de processos são interdependentes, pois se por um lado, a forma da duna eólica determina a ocorrência de avalanchas, como fluxos rápidos de massas de grãos de areia ou de nuvens de grãos, movimento de grãos soltos em suspensão, a partir da ação do vento sobre sua porção mais alta e exposta (a crista da duna), por outro lado, a repetida sucessão de fenômenos de avalanche e queda livre de grãos promove o avanço gradual da duna para sotavento (GIANNINI e RICCOMINI, 2003).

Ainda de acordo com Giannini e Riccomini (2003), a intensidade e frequência com que cada um desses dois mecanismos de transporte sedimentar ocorre, em função de condições como energia do vento, quantidade de areia disponível, presença de vegetação, umidade e tamanho do grão, influenciam sobre maneira, a forma e as dimensões das dunas.

### **Granulometria e Transporte de Sedimentos**

O diâmetro dos grãos e a velocidade do vento são fundamentais no entendimento da movimentação dos sedimentos dunares. Conceitualmente, areia é a denominação relativa ao tamanho do grão. O estudo ou a medida do tamanho do grão recebe o nome de granulometria.

De acordo com a escala de granulometria mais utilizada hoje para classificar sedimentos, segundo Giannini e Riccomini (2003) um grão de areia possui entre 2 e 0,0062 mm. Com isso, a análise granulométrica consiste em fornecer dados relacionados ao modo de transporte e deposição dos sedimentos (ALMEIDA, 2002).

Para Almeida (2002), no tocante à sua granulometria básica, as dunas encontram-se constituídas por areia quartzosa que segundo os parâmetros estatísticos apresentam-se de bem selecionada a moderadamente selecionada.

Em relação a granulometria dos sedimentos a serem transportados, as areias grossas com 0,5 mm de diâmetro situam-se ao nível do solo e as areias finas com 0,18mm de diâmetro a 15 cm de altura (CLAUDINO-SALEs, 2002). Segundo Maia (1998), para a

velocidade crítica de transporte de 5,0 m/s, 94 % do transporte eólico ocorrem nos 10 primeiros centímetros acima da superfície. A areia grossa, por sua vez, seria transportada até 0,5 cm acima da superfície, sobretudo por rolamentos, e a areia fina, entre 0,18 e 15 cm de altura, seria carregada por saltação.

Esta situação é responsável pela migração das dunas sobre a planície costeira a velocidades estimadas situadas entre 6 m/ano dentro dos lençóis de areia ou *sandsheets*, a tipologia predominante na área de estudo, e de cerca de 11 m/ano dentro dos campos de barcanas (CLAUDINO-SALES, 2002).

### **Características granulométricas dos Lençóis de Areia**

O campo de dunas em análise apresenta como forma mais marcante os chamados Lençóis de Areia ou *Sandsheets*. Estes são alimentados provavelmente pela erosão das falésias em Beberibe e pela contribuição sedimentar a partir da foz do rio Jaguaribe (CLAUDINO SALES, 2002), rio situado à leste da área em tela, o qual se configura como o de maior vazão do Estado do Ceará.

As amostras para análises foram colhidas em pontos intermediários dentro do campo de dunas, setores tais, onde diferenciavam-se marcas de ondas com alternâncias de sedimentos mais finos de cores esbranquiçadas e sedimentos grosseiros amarelados (Fig. 3 e 4).

As dunas da área apresentaram, segundo as análises granulométricas realizadas, variação de frações granulométricas grossas, moderadamente selecionadas à fração de areia média, bem selecionada.



Fig. 3 e 4: Marcas de Ondas localizadas no topo do campo de dunas e detalhe da granulometria dos sedimentos (Fotos: Mônica Virna, 2005).

A fração grosseira apresenta cor amarela-avermelhada distinguindo-se claramente dentro do campo de dunas. Sua presença evidencia o significativo potencial eólico do setor (entre 8e 8,5 m/s – SEINFRA, 2000).

Estes sedimentos situam-se em porções distintas no campo de dunas, geralmente nas porções mais elevadas (a amostra recolhida estava situada a uma altura de aproximadamente 50m) e dispostas geomorfologicamente sob a forma de marcas de ondas.

As frações grosseiras apresentaram mais da metade de seus sedimentos entre 1,414 e 0,500mm de diâmetro – portanto, variando muito grossa à grossa (fig. 5), enquanto as frações de areias menos grosseiras, com areias variando entre 0,354 e 0,125mm (areias médias e finas) representam mais de 80% da amostra (fig. 6). Ambas frações sob a forma de marcas de ondas.



Fig. 5: Gráfico das análises granulométricas – Fração grosseira

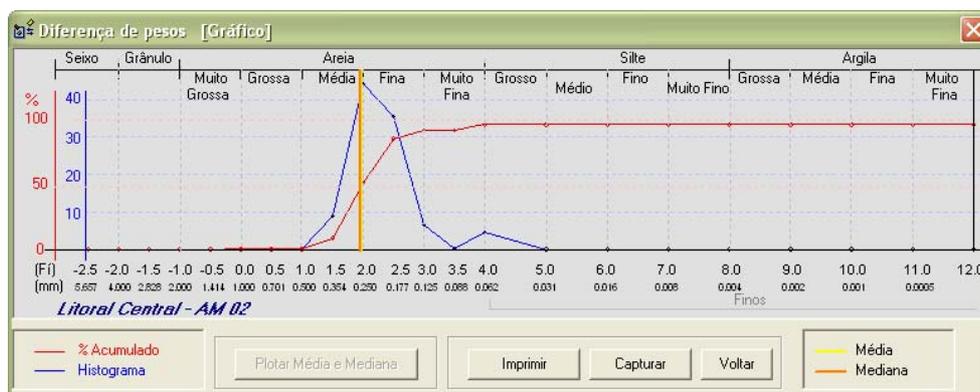


Fig. 6: Gráfico das análises granulométricas – Fração média / fina.

A presença dessas marcas de ondas compostas, em sua maior parte, com frações de areias grossas situadas na crista do campo de dunas revela, além de uma intensa atividade

da dinâmica eólica local, como citamos acima, questiona de certa maneira, o padrão de gradiente granulométrico que é largamente aceito na literatura científica especializada, que postula que dentro dos perfis morfológicos dunares, os sedimentos mais grosseiros tendem a se situar na base das dunas, devido os ventos transportarem materiais mais finos.

Deste modo, a granulometria das cristas tenderia a ser menor do que a observada na base, já que os sedimentos mais grosseiros tenderiam, por gravidade a rolar pela vertente da duna.

### **Evolução Morfodinâmica dos Lençóis de Areia**

As marcas de ondas situadas em diversos setores das dunas, notadamente, em suas porções mais elevadas deduzem, além do potencial eólico significativo da área, algumas hipóteses acerca da evolução morfodinâmica dos lençóis de areia.

Antes, vale frisar que, para dunas do tipo lençol de areia ou *sandsheets* que possuem uma grande extensão com cristas e faces de avalanchas menos acentuadas, é legítimo a existência de areias com granulometria mais grossa no seu topo, pois estes sedimentos encontram uma maior extensão de crista antes de rolarem vertente abaixo. Tal característica, associada aos ventos, possibilitaria a presença das marcas de ondas com essas características granulométricas sobre as dunas.

Estas feições geomorfológicas de reduzida escala representam, no nosso entendimento, em uma pequena escala, o mecanismo evolutivo dos lençóis de areia. As marcas de ondas orientadas no mesmo sentido dos ventos predominantes na área (sentido E – W) e do campo de dunas de maneira geral, deslocam-se sobre as dunas na mesma direção.

Numa escala maior, os lençóis de areia, são reconhecidos pela indefinição de uma tipologia uniforme de suas dunas, devido à quantidade de sedimentos acumulados em uma área restrita, pois, para a configuração de uma tipologia de dunas uniforme, é necessária uma área extensa, o que não ocorre no setor estudado, devido ao barramento efetuado pelo leito do rio Choró, situado no extremo oeste do campo de dunas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados nesse setor específico do litoral de Beberibe, Estado do Ceará, mostraram que os sedimentos grosseiros presentes no topo do campo de dunas (lençóis de areia ou *sandsheets*) sob a forma de marcas de ondas indicam, em primeiro lugar, uma velocidade dos ventos capaz de um transporte significativo de grãos de areia acima da média.

Segundo, que os lençóis de areia, oferecem condições favoráveis para sua ocorrência com topos suavizados e menos faces de avalanche, onde os sedimentos mais grosseiros tenderiam a rolar pela vertente, portanto isso ocorre com menor frequência e intensidade. Tal quadro questiona as definições a respeito da diferença granulométrica dos sedimentos da base e topo dos campos de dunas.

Por fim, as marcas de ondas podem retratar, numa escala menor, os mecanismos evolutivos dos lençóis de areia, ainda desconhecidos em maiores detalhes, embora, o presente trabalho apenas indique um viés possível. A continuidade dos estudos é um fator fundamental para uma melhor elucidação acerca da morfodinâmica dessa feição geomorfológica.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo incentivo substancial para a realização da pesquisa, e ao laboratório de Geologia Marinha e Sedimentar do Departamento de Geologia da UFC pela disponibilidade da infra-estrutura necessária para a realização das análises granulométricas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.T. **Mapeamento Geológico da Região Costeira entre as Praias de Morro Branco e Barra Nova – CE.** Relatório de Graduação, Fortaleza, 2002.
- CLAUDINO-SALES, V. **Les Littoraux Du Ceará. Evolution Géomorphologique De La Zone Côtière De L'Etat Du Ceará, Brésil – Du Long Terme Au Court Terme.** Thèse De Doctorat, Université Paris-Sorbonne, 511p. 2002.

- GIANNINI, P. C. F; RICCOMINI, C. **Sedimentos e Processos Sedimentares**. In: In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M; FAIRCHILD, T.R; TAOLI, F. (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo. Oficina de Textos, 2003.
- HESP, P. A. **Coastal Sand Dunes: Form and Fuction**. Massey University. 28p (CDNV Technical Bulletin, 4), 2000.
- MAIA, L.P. **Procesos Costeros Y Balance Sedimentario A Lo Largo De Fortaleza (Ne-Brasil): Implicaciones Para Una Gestion Adecuada De La Zona Litoral**. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona, 198p. 1998.
- MUEHE, D. **Geomorfologia Costeira**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- PEULVAST, J.P; CLAUDINO SALES, V. **La Bande Côtiere De L’etat Du Ceará, Nord-Est Du Brésil: Presentation Geomorphologique**. Mercator 5: 95-123, Fortaleza. 2004.
- SEINFRA. **Atlas do Potencial Eólico do Estado do Ceará**. Governo do Estado do Ceará. CD-Rom. 2000.
- SILVA, J. B; CAVALCANTE, T. C. (Coord.) **Atlas Escolar, Ceará: espaço geohistórico e cultural**. 2 ed. João Pessoa: Grafset, 2004.
- SOUZA, M.J.N. **Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-Estruturais do Estado do Ceará**. Rev.Geol.UFC, 1:73-91. 1988.
- TESSLER, M. G., MAHIQUES, M. M. **Processos Oceânicos e a Fisiografia dos Fundos Marinhos**. In: TEIXEIRA, W; TOLEDO, M.C.M; FAIRCHILD, T.R; TAOLI, F. (Org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo. Oficina de Textos, 2003.