

RISCOS DE EROSÃO NAS DUNAS DE NATAL/RN

Risks of erosion in the dunas of Natal/RN

Maria Francisca de Jesus Lírio Ramalho¹

Erminio Fernandes²

Moacir Paulo de Sousa³

^{1, 2, 3} Universidade Federal do Rio Grande do Norte

CCHLA/Departamento de Geografia

Av. Sen. Salgado Filho, s/n - Lagoa Nova- Natal/RN- CEP 59078-970

franci@ufrnet.br

erminio.fernandes@ufrnet.br

moanatal@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho tem o propósito de apresentar as evidências de processos erosivos no recuo da vegetação do Parque das Dunas - área de preservação ambiental localizada em Natal, cidade do estado do Rio Grande do Norte. A base de estudo foi fundamentada em atividades de campo, análise cartográfica e fotográfica, sendo observado que os riscos de erosão evoluem com as variações temporais do ano, ameaçando a fixação da cobertura vegetal no entorno das superfícies de deflação.

Palavras-chave: Duna. Cobertura Vegetal. Solo Arenoso. Deflação Eólica.

ABSTRACT

The aim of this paper is to point out some evidences of the eroding process in the retreating vegetation at Parque das Dunas, area of environmental preservation located in Natal, a Brazilian city in Rio Grande do Norte state. The study is supported on field activities and cartography and photograph analysis, which have demonstrated that the risks of erosion accompany the yearly temporary changes. It threatens the fixation of vegetation coverage around the deflation surfaces.

Keywords: Dune. Vegetation Coverage. Sandy Soil. Wind Deflation.

1 INTRODUÇÃO

O enfoque desta pesquisa se dá em função do reconhecimento de uma realidade geográfica que se reflete no cenário da paisagem dunar da cidade de Natal, considerando que as dunas, mesmo ocupando áreas que devem ser preservadas, correm o risco de ser erodidas com mais intensidade quando a interferência antrópica se acentua.

O efeito de processos morfodinâmicos comuns aos climas tropicais apresenta uma magnitude que se notabiliza tanto em função da natureza dos solos e da inclinação, forma e comprimento das encostas, quanto no tipo de

cobertura vegetal. As dunas que em função de sistemas climáticos pretéritos e atuais foram edafizadas e mantêm-se por meio da proteção de sua cobertura vegetal denotam degradação e perda da vegetação fixadora, perda esta notificada pelo avanço das superfícies de deflação e pela presença de clareiras de diferentes dimensões na encosta de barlavento e de sotavento das dunas vegetadas.

A presença de clareiras, conforme alguns pesquisadores, como Denslow e Hartshorn (1994) ou Tabarelli e Mantovani (1999; 2000), tem sua importância para a regeneração de matas tropicais, embora, no caso específico das dunas, os solos arenosos,

uma vez expostos, fiquem vulneráveis aos processos erosivos, bem como ao movimento de massa, podendo, inclusive, contribuir para uma intensificação da ação da água e do vento, em função das cicatrizes que marcam a superfície, definindo nessas áreas pontos de instabilidade.

De acordo com Costa e Souza (2009), as dunas são sistemas instáveis e ecologicamente frágeis, mesmo quando estabilizadas pela vegetação. Nos locais sem vegetação, a areia solta não oferece resistência ao vento, que inicia *blowouts* por meio de caminhos preferenciais de instabilidades do terreno.

Na área de estudo, a complexidade de processos e mecanismos que favorecem a dinâmica morfogenética por parte do vento e da água se evidencia na borda das planícies de deflação e entre os arbustos que ainda se encontram no interior destas, descobrindo as raízes dos vegetais, o que acarreta o tombamento de árvores e a descida de nutrientes pelas encostas.

Outro fato não menos importante refere-se ao processo de eluviação dos baixos teores de matéria orgânica das camadas superficiais para aquelas mais profundas, isto devido à permeabilidade desses materiais superficiais constituintes das dunas, em um ambiente cuja precipitação média anual situa-se por volta de 1200 mm. Tal eluviação provoca a diminuição do potencial de coesão entre os grãos, tornando-os disponíveis aos processos eólicos.

Esse tipo de situação tende a favorecer cada vez mais a ação dos ventos sobre as áreas que vão sendo expostas, acentuando-se os riscos de erosão eólica, sobretudo entre julho e outubro, conforme observado na frequência habitual das correntes aerodinâmicas em Natal, como se tem constatado na análise da velocidade, direção e frequência dos ventos em diferentes épocas do ano.

Jungerius e Vander Meulen (1988) chamam a atenção para as superfícies de erosão iniciadas com a redução da cobertura vegetal, sendo os substratos arenosos os mais vulneráveis. A escassez ou inexistência dessa cobertura vegetal implica risco de degradação

dos solos, fato que aumenta a susceptibilidade aos fenômenos morfogenéticos, como o exemplo da deflação eólica.

As taxas de erosão eólica dependem da erodibilidade do solo e da erosividade do vento. Essas taxas são maiores nas áreas de pouca ou quase nenhuma proteção de cobertura vegetal. Qualquer superfície relativamente lisa, conforme Kirkby (1980), pode ser susceptível à erosão eólica, aumentando o perigo quando o solo contém uma maior quantidade de partículas finas.

Associando o caso das dunas vegetadas de Natal - onde se destaca o Parque das Dunas -, com outras dunas vegetadas encontradas na mesma faixa do litoral do estado do Rio Grande do Norte, observam-se tendências à degradação das dunas costeiras, com exposição da areia, algumas delas na forma de bacias de deflação, com início de migração transgressiva sobre dunas estabilizadas ou "*blowouts*", conforme Hesp e Thom (1990).

Alguns autores têm enfatizado a migração de dunas costeiras em outras áreas do litoral do Brasil (COSTA; SOUZA, 2009; DIAS; CASTRO; SEOANE, 2007; BARBOSA, L.; BARBOSA, A.; BARBOSA, L., 2006; CASTRO; RAMOS, 2006), com resultados que denotam o comportamento dinâmico das dunas em relação ao vento.

Conforme Muehe (2010), com um aumento na temperatura ou diminuição da precipitação, pode-se ampliar o transporte de sedimentos eólicos e aumentar a vulnerabilidade do litoral, devido ao aumento da transferência de sedimentos das margens litorâneas para o continente.

As trocas de sedimentos entre as praias e o continente através dos ventos, de acordo com Nordstrom (2010), fazem parte do sistema natural das costas arenosas, embora esse mesmo autor ressalte a necessidade de geração e uso de conhecimentos para que o homem possa interferir no meio natural, a fim de recuperar paisagens dunares e mitigar os impactos gerados.

Luna *et al.* (2011), em estudo sobre modelo de fluxo de sedimentos e a gênese de dunas vegetadas no nordeste do Brasil, mencionam que um fluxo elevado de areia

pode originar campos dunares e dificultar o crescimento de vegetação. Por outro lado, mesmo quando o fluxo de sedimento é baixo e ocorre o crescimento de vegetação, esta pode promover a nucleação de depósito de sedimentos, originando dunas e possibilitando seus diversos estágios de evolução. Os autores concluem também que a relação entre a velocidade de cisalhamento do vento e a de crescimento de vegetação pode controlar a morfologia do campo de dunas costeiras.

O objetivo deste trabalho é identificar processos e mecanismos de riscos de erosão nas áreas de solo exposto e *blowouts* do Parque das Dunas de Natal, visando a estudar a influência da deflação eólica no recuo da cobertura vegetal e a presença das clareiras na encosta de sotavento.

Partindo-se desta perspectiva, fundamenta-se a pesquisa na observação das possíveis alterações da cobertura vegetal que ocupa as dunas, tendo em vista as mudanças temporais e o processo de adaptação às condições do ambiente atual, com a escassez e/ou ausência da vegetação.

As dunas vegetadas, como áreas de recarga de água subterrânea, têm sua importância para o ambiente da cidade, bem como para o conforto térmico. A perda da vegetação acentua as áreas expostas deixando vulneráveis os solos à erosão.

Os efeitos do problema ainda não causam pânico, mas alertam para uma visão de cenários futuros, considerando o processo evolutivo da deflação eólica, mesmo em uma dimensão mais ampla da escala tempo-espacial.

2 MATERIAL E MÉTODO

A cidade de Natal, localizada no litoral do estado do Rio Grande do Norte, entre as coordenadas 05°47'42" de latitude sul e 35°12'32" de longitude W, se encontra assentada sobre um relevo de topografia plana a suavemente ondulado, destacando-se nessa paisagem a morfologia eólica representada por dunas potencialmente vulneráveis à dinâmica do vento, se desprovidas de sua cobertura vegetal.

2.1 Geomorfologia das Dunas

O relevo dunar de Natal, sobrepondo-se à Formação Barreiras, é formado por alinhamentos paralelos orientados no sentido NW-SE, registrando-se efeitos da dinâmica dos ventos predominantes de SE. Geomorfologicamente, esses alinhamentos ou cordões dunares apresentam formas em línguas, que geralmente estão associadas e/ou com sobreposição, denotando a ação dos corredores de vento na morfodinâmica das dunas. O modelado, em geral, compreende em sua extensão dunas antigas e dunas recentes.

De acordo com Perrin e Costa (1982, p. 294), as antigas são menos elevadas que as mais recentes. Estas, de acordo com os referidos autores, se elevam até 80 ou 100 metros acima do nível do mar, enquanto as mais antigas, que se estendem mais para o interior da cidade, a altura varia de 15 a 20 metros.

A geração de dunas antigas se diferencia da de dunas mais recentes, não só pela altitude mas também pelas formações arenosas, que, conforme os mesmos autores, as dunas antigas, apresentam uma areia cuja cor varia de amarelo avermelhado a bruno claro, devido à mistura dos materiais erodidos provenientes da Formação Barreiras, e nas dunas recentes a areia é mais clara, variando do branco ligeiramente rosado ao branco ligeiramente acinzentado.

As dunas recentes, ao contrário do campo de dunas antigas, de extensão variável, formam uma faixa delgada paralela ao litoral, com largura em torno de 1 a 2 km, concentrando alinhamentos paralelos cobertos de vegetação, com casos de formas menos regulares nos setores afetados pelo processo de deflação.

2.2 O Parque das Dunas

O Parque das Dunas (Figura 1), pela sua importância geológico-geomorfológica e bioclimática e pela sua condição como área de preservação ambiental, destaca-se para pesquisa e lazer.

A cobertura vegetal dessa área controla

a interação do processo morfogênese-pedogênese. A escassez ou desaparecimento da vegetação pode aumentar os riscos de erosão nas dunas, as quais naturalmente são formadas por materiais suscetíveis à erosão e aos movimentos de massa causados por influência da gravidade.

Conforme Freire (1983, p. 36), o referido Parque compreende uma área em torno de 1.172,80 hectares, recobertos, em sua maior parte, por formações vegetais peculiares da Mata Atlântica, espécies de Caatinga e do Tabuleiro Litorâneo, ocupando, aproximadamente, 2 km de largura e 9 km de extensão. A construção da Via Costeira e de hotéis que beneficiaram o litoral entre as praias de Areia Preta e Ponta Negra mascara a continuidade da encosta a barlavento do campo dunar do Parque das Dunas, um dos mais importantes de Natal.

Nessa área, a instabilidade de sedimentos, sobretudo na ruptura de inclinação com o traçado da Via Costeira, favorece a ação do vento, que livremente, sem o obstáculo da vegetação, mobiliza as partículas que tendem a se depositar no asfalto. De acordo com Freire (1983, p. 36), com a implantação da referida Via, entre 1979 e 1981, surgiram alguns problemas de reativação de processos de deflação nessa área. O solo arenoso e de baixa fertilidade é retido pela presença da vegetação que fixa as partículas, retardando assim o processo eólico.

O clima quente e úmido do litoral e os fatores do relevo, como declividade, altitude e posição a barlavento e a sotavento, entre outros que direta ou indiretamente estão envolvidos, dão aos elementos florísticos as condições da espacialidade de sua distribuição na área do Parque (Figura 2). Mas, apesar da grande porção de área vegetada, atenta-se para os riscos de erosão nas áreas expostas à dinâmica eólica, tendo em vista a presença de partículas finas na textura do solo e a elevada inclinação das encostas arenosas que ocorre principalmente a sotavento das dunas.

2.3 Fatores Climáticos

Entre os elementos climáticos

destacam-se as temperaturas e as precipitações, influenciando, respectivamente, nas variações da umidade e quantidade de água do solo. Com as chuvas do período Outono-Inverno, com máximas no Outono, quase sempre nos meses de abril e maio, há reposição da água, superando o déficit hídrico do período seco de Primavera, quando as chuvas são mais escassas e as temperaturas mais elevadas, sobretudo nos meses de outubro e novembro.

Conforme o Anuário Estatístico (FUNDAÇÃO, 2008), a estação pluviométrica de Natal apresenta excedente hídrico de 1040 mm, distribuído de fevereiro a julho.

De acordo com a Classificação Climática de Thornthwait e Mather (1955), a distribuição das chuvas nos períodos úmidos e secos durante o ano assemelha-se ao regime pluviométrico do clima C1w2 seco sub-úmido, com moderado excesso hídrico no Inverno (Figura 3).

Os ventos, conforme sua frequência habitual, são predominantes de direção SE, apresentando velocidades inconstantes que variam com a época do ano (RAMALHO, 1999, p. 149).

Conforme o mesmo autor, no sistema eólico anual, além dos ventos de SE, ocorrem outros ventos de pouca frequência de direção E, S, SW, NE, W e NW.

Geralmente as velocidades mais baixas ocorrem no Outono, aumentando entre julho e outubro, principalmente no mês de agosto. Tais mudanças de velocidade e direção do vento podem estar relacionadas com as diferenças de aquecimento determinadas pelos sistemas úmidos e secos que atuam na região RAMALHO, 1999, p. 149). Tal fato pode ser verificado nos registros dos meses de julho a setembro de 2010, a partir dos dados levantados da Estação Climatológica da UFRN/INMET que mostram que as maiores frequências de velocidade dos ventos (m/s) atuantes em Natal, nesse período, situaram-se entre 2,0 e 8,8 m/s, com rajadas ultrapassando os 15 m/s, representando, portanto, velocidades consideráveis e suficientes para o arraste e saltação dos grãos maiores de areias na superfície dessas dunas e de suspensão dos

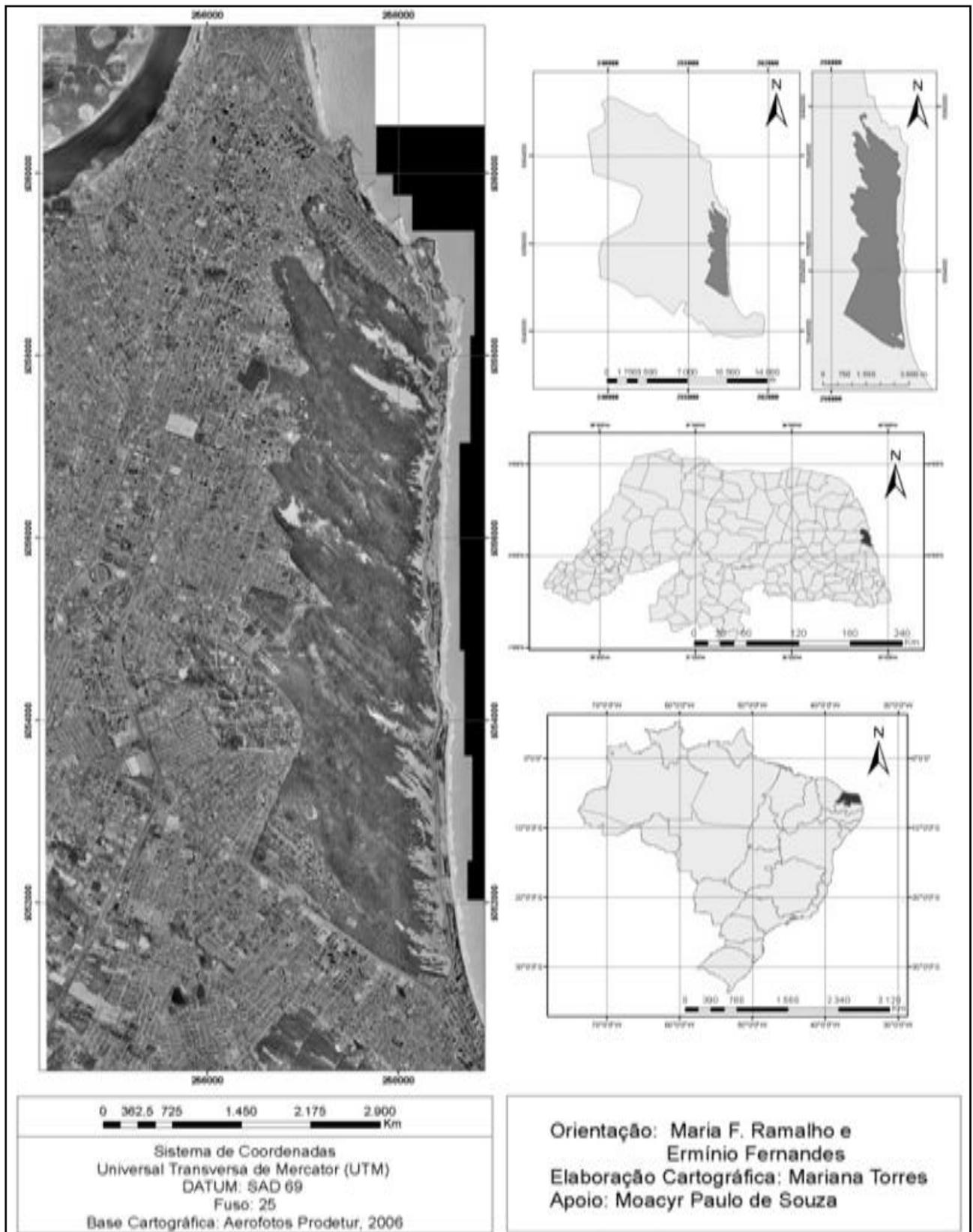


Figura 1: Localização da Área de Estudo.



Figura 2: Imagem dos aspectos da vegetação do Parque das Dunas, com pequenas áreas de exposição de areia, a sotavento, de uma duna.

Foto: M. F. J. L. Ramalho - 2010

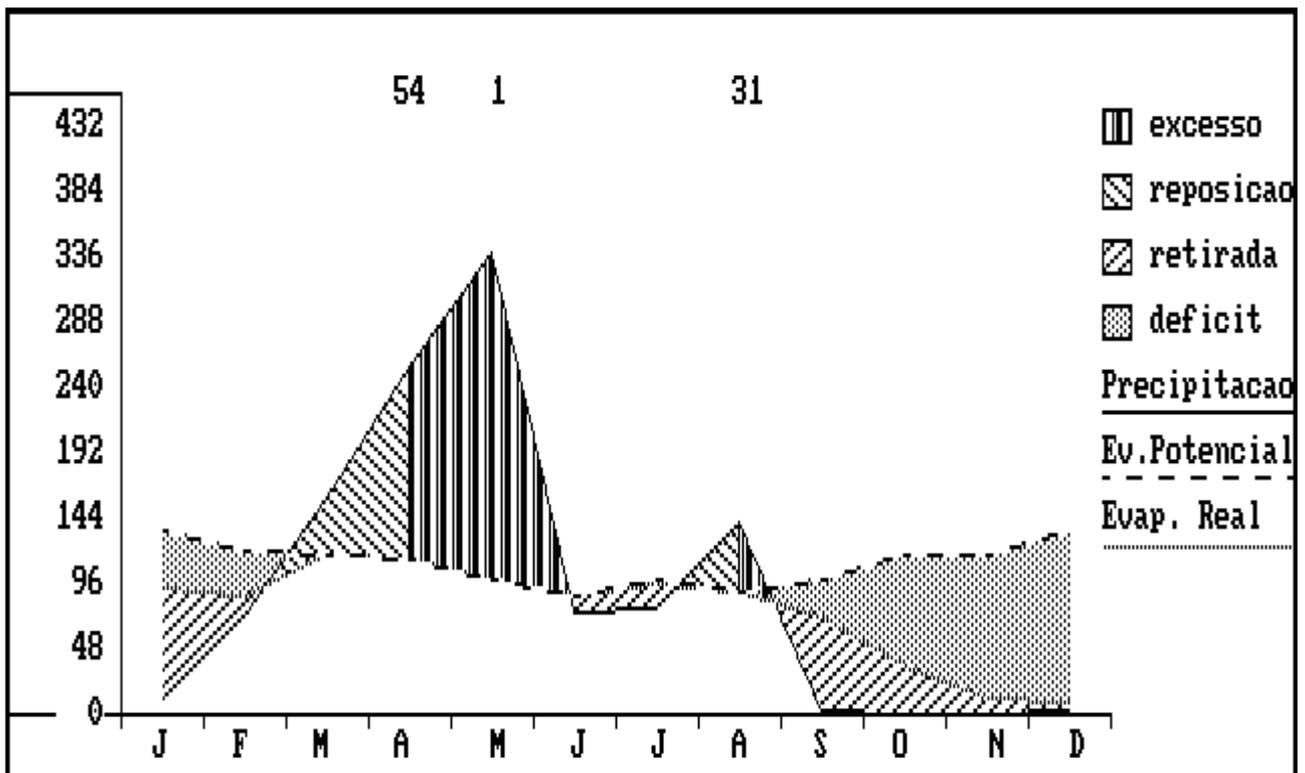


Figura 3: Representação Gráfica do Balanço Hídrico de Natal.

Fonte: Ramalho (1999, p. 146).

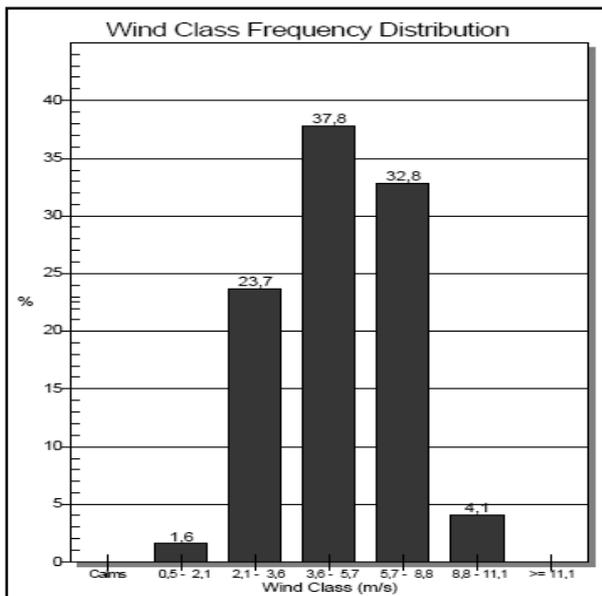


Figura 4: Histograma da velocidade dos ventos (m/s) em Natal, no período de julho a setembro de 2010.

Fonte: Dados da Estação Climatológica UFRN/INMET (2010).

materiais mais finos, principalmente nas fortes rajadas (Figura 4).

Estes mesmos dados de julho a setembro de 2010 mostram também que a direção dos ventos predominantes situa-se no quadrante SSE. Verificam-se, todavia, dois picos com direções 150° e 190°, representando as maiores velocidades, respectivamente, acima dos 5 m/s e 3 m/s, e concordantes com as maiores frequências, acima dos 16% (Figura 5).

Neste diagrama pode-se observar uma clara relação entre a configuração geográfica das dunas e dos *blowouts* de orientação SE-NW do Parque das Dunas (Figura 1), com a direção dos ventos com maior velocidade, portanto maior energia para transporte de grãos, predominante de SE.

2.4 Fonte de dados

O levantamento dos dados deu-se a partir da revisão bibliográfica, cartográfica e das atividades de campo que permitiram visualizar aspectos do fenômeno da erosão em escala pontual. A pesquisa de campo teve como principal objetivo fazer o reconhecimento de áreas expostas para registrar as ocorrências

erosivas e estabelecer critérios para análise com a continuação do estudo.

Para avaliar as áreas de risco, foi pensado trabalhar com alguns procedimentos, como: mapear a área de estudo, fazer registro fotográfico, medir a declividade das encostas e coletar amostras de sedimentos.

O diagnóstico, com base nas evidências dos fatos observados, justifica a metodologia que norteia essa primeira etapa da pesquisa que se estabeleceu com o mapeamento da área e o reconhecimento de campo.

O mapeamento resultou da utilização da cartografia digital, apoiada nas informações obtidas com os recursos do geoprocessamento de imagem, tendo como base topográfica a carta da SUDENE, Folhas: Natal SB.25-V-C-V.

Os procedimentos para esse mapeamento foram a interpretação e digitalização de imagens em tela, sendo o mapa elaborado no *software* Arcgis 9.2, a partir da interpretação e vetorização das fotografias aéreas Prodetur, 1/8.000, ano 2006, cedidas pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA). Para isto, foi previamente definida a legenda, referente aos polígonos representativos de cada categoria de classe, sendo as classes estabelecidas em conformidade com os aspectos da vegetação densa e das áreas com pouca ou nenhuma vegetação.

Em campo, foram feitos os registros fotográficos de casos específicos da erosão e a averiguação das informações extraídas das imagens, cujo mapeamento se estabeleceu de acordo com o contexto das pequenas áreas de solos expostos com vegetação escassa, as grandes áreas de solos expostos com vegetação escassa e inexistente e as grandes áreas de solos expostos limitadas com a vegetação densa.

Duas áreas foram tomadas para o desenvolvimento do trabalho de campo: a Duna do Carequinha, onde se registram, em um *blowout*, casos de erosão a barlavento e a sotavento; e uma bacia de deflação, que se encontra a sudeste da anterior, as quais podem ser localizadas de acordo com os pontos marcados no mapa da Figura 6.

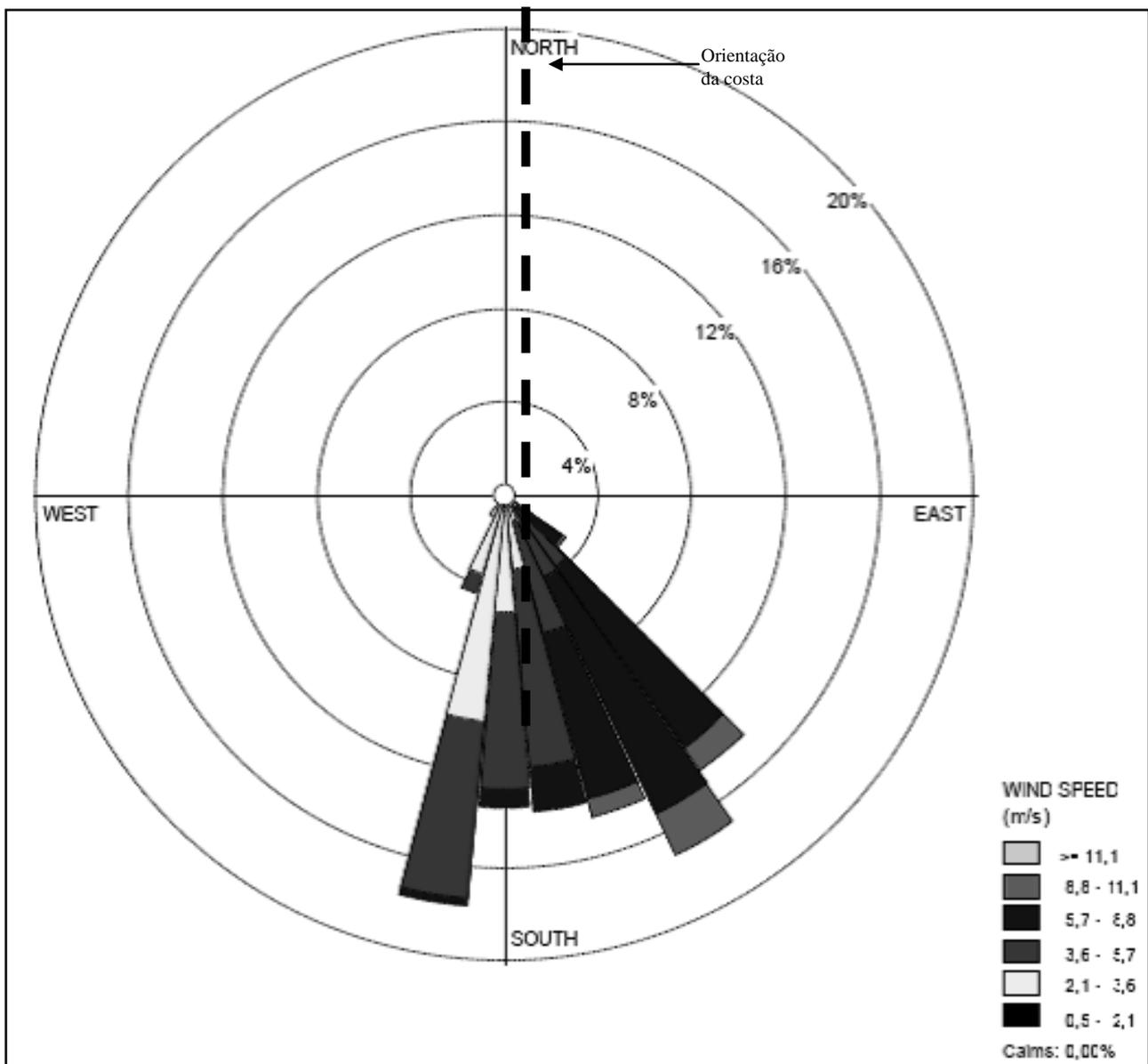


Figura 5: Diagrama Rosa dos Ventos relacionando a direção (graus), frequência (%) e velocidade dos ventos (m/s) em Natal, no período de julho a setembro de 2010.

Fonte: Dados da Estação Climatológica UFRN/INMET (2010)

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Analisando o mapa da Figura 6 e os fatos observados em campo, verifica-se que as áreas descobertas a sotavento dos cordões dunares apresentam orientações predominantes de SE-NW, respectivamente, barlavento-sotavento, concordando com as direções dos ventos mais fortes apresentados na Figura 5. Além disto, as maiores áreas estão conectadas àquelas encontradas a barlavento, fato provavelmente correlacionado com a migração

de sedimentos que se deslocam do topo da duna, ao atingir o ápice da maior inclinação a sotavento (Figuras 7 e 8).

O solapamento da encosta de barlavento causado pelo vento na borda da superfície de deflação (*blowouts*), o processo de lixiviação dos coloides provenientes dos baixos teores da matéria orgânica, a diminuição da coesão entre os agregados e a disponibilização destes à mecânica dos ventos, da gravidade e das chuvas, causam a degradação e recuo da vegetação com a quebra

da estrutura das raízes que agregam e fixam os sedimentos, que, por sua vez, são deslocados por pequenos movimentos de massa que ameaçam a fixação da vegetação. A instabilidade desses pontos, por causa da inclinação que se acentua, também favorece a descida de partículas por gravidade, ocorrendo, quando chove, ainda mais transporte por causa da erosão pluvial, pelo efeito do *splash*, que escava entre as raízes, enquanto o escoamento difuso segue fazendo a limpeza dos interstícios (Figura 9).

Conforme Costa e Souza (2009), caso a vegetação fixadora das dunas seja degradada e/ou destruída, todo o sistema dunar será afetado.

Perrin e Costa (1982, p. 295), no trabalho que realizaram sobre as dunas litorâneas de Natal, afirmam o seguinte, em comentário a respeito de remanejamentos subatuais e atuais:

O reverso das dunas recentes exposto ao vento está sendo afetado pela deflação. Isso se manifesta por 'ridas', concentração de minerais pesados e de areia grossa em superfície, por raras 'nebkas' e escavações laterais nos corredores interdunares. A deflação é suficientemente forte para dismantelar os alinhamentos, esculpir seus topos arredondados em cristas agudas ou em forma de 'gibões de zebu' isolados, testemunhos de alinhamentos contínuos.

Embora a dinâmica eólica seja significativa para o alargamento e evolução das bordas das superfícies de deflação, esta também se dá com o processo de escoamento difuso nas superfícies com vegetação escassa, pelo trabalho que esse processo exerce, mobilizando partículas e pondo em evidência os obstáculos, que, junto com o trabalho do vento, põem as árvores em risco de tombamento.

Durante as visitas feitas à área, puderam ser identificadas as marcas de processos dessa natureza, como aqueles representados na imagem da Figura 9.

O movimento de partículas açoitadas pelo vento foi também observado no topo da Duna do Carequinha, no ponto de ruptura da encosta, entre a superfície de barlavento e de sotavento, as quais eram levantadas a quase

um metro de altura, precipitando-se em seguida para o lado oposto da encosta de barlavento.

Na encosta de sotavento da mesma duna, foram também observados movimentos de areia em massa que descia pelos setores mais inclinados da encosta, em forma de deslizamento, chamando a atenção pela rápida descida e pelo barulho das partículas de areia atritando na folhagem imersa na duna. Nesse setor, foi registrado o soterramento dos troncos das árvores pela areia, o que denota a migração progressiva da duna, notadamente onde a vegetação não se coloca como obstáculo (Figuras 10 e 11). A movimentação de areia, conforme Cordazzo, Paiva e Seeliger (2006), pode eliminar espécies vegetais por meio do soterramento, em locais anteriormente estáveis.

Perrin e Costa (1982, p. 299), analisando a velocidade do vento da região costeira de Natal, observaram que, a 10 metros de altitude, a velocidade é maior do que a junto ao solo. Tendo em vista esse fato, a dinâmica eólica, sobretudo nos corredores de vento (*blowouts*), muito provavelmente vem a contribuir para o processo de remoção de partículas, o qual tem continuidade com o rompimento do topo, ou seja, da crista - linha de partilha entre os dois segmentos da encosta de barlavento e sotavento-, conforme observado acima nas imagens das Figuras 7 e 8.

Os solos de textura arenosa, com presença de areia fina, tendem a se desestabilizar quando ficam desprovidos da vegetação que fixa as partículas. Os movimentos de massa provocados pela gravidade geram instabilidades mais frequentes do material que se desagrega das raízes. Todavia, a presença da matéria orgânica ainda impregnada de material do solo exposto parece influenciar na formação de tênues crostas, que temporariamente mantêm estabilizadas as partículas agregadas nessa estrutura. Essas crostas, porém, geralmente se quebram com o arqueamento das extremidades, em decorrência do ressecamento da superfície exposta à insolação.

O processo de molhamento parece influenciar na formação de crostas de fácil

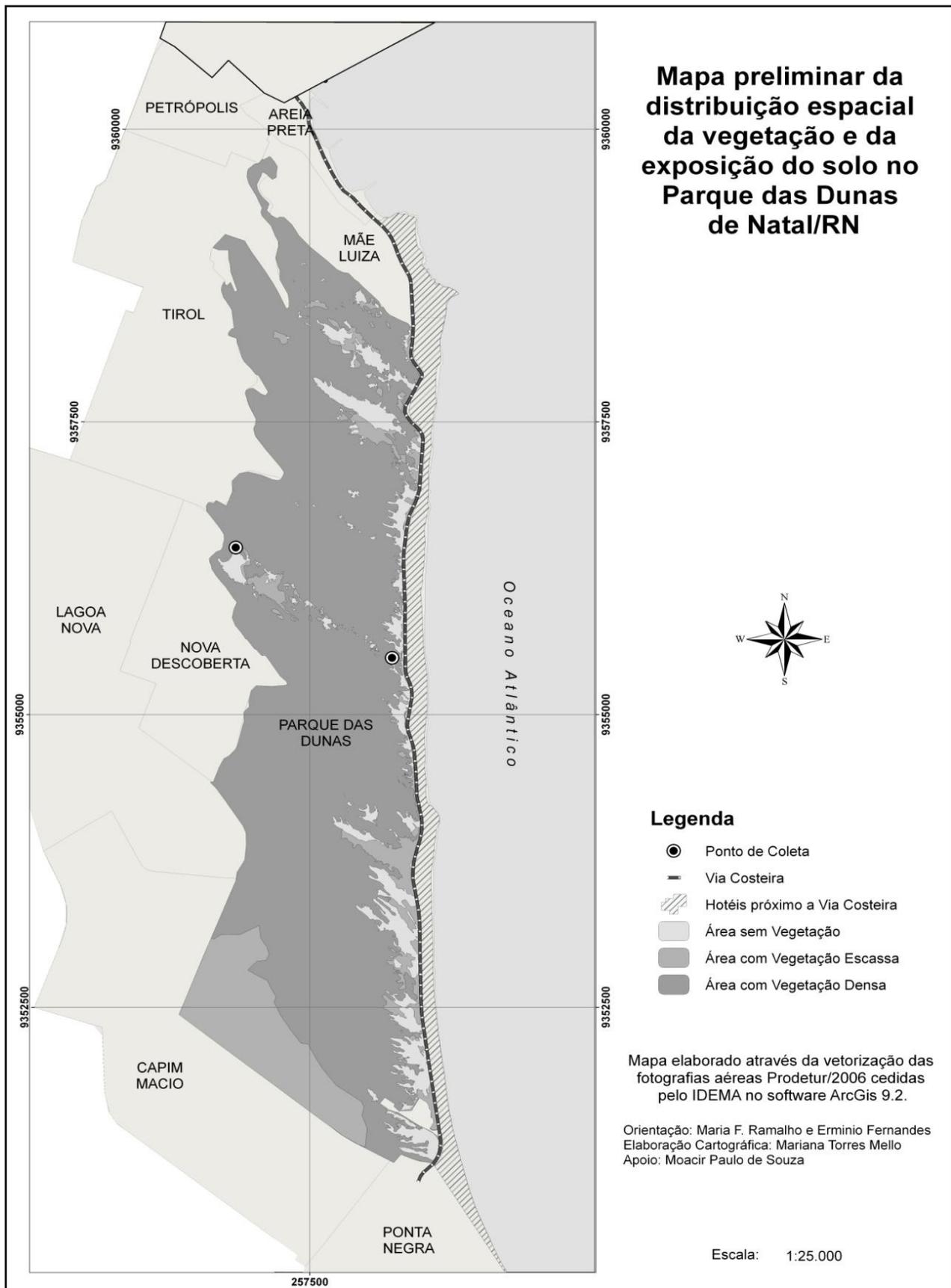


Figura 6: Mapa da Distribuição Espacial da Vegetação e da Redução de Áreas Verdes (*blowouts*) no Parque das Dunas de Natal/RN, onde também se encontram localizados os pontos da coleta dos dados de campo.

Fonte: Fotos Aéreas PRODETUR/IDEMA, 2006.



Figura7: Imagem do topo da Duna do Carequinha, mostrando o ponto de instabilidade na inclinação do relevo.

Foto:M. F. J. L. Ramalho - 2010.



Figura8: Imagem do topo de duna modificado a sotavento.

Foto:M. F. J. L. Ramalho- 2010.



Figura 9: Imagem dos efeitos da erosão eólica e pluvial, em que as raízes ficam expostas.

Foto: M. F. J. L. Ramalho- 2010.



Figura10: Imagem mostrando aspectos da Duna do Carequinha, com evidências de movimento de massa na encosta de sotavento, conforme indicam as setas.

Foto: M. F. J. L. Ramalho- 2010.



Figura 11: Imagem do efeito de movimento de massa que tende a soterrar árvores e arbustos na encosta a sotavento da Duna do Carequinha.

Foto:M. F. J. L. Ramalho- 2010.

quebramento em pontos instáveis do terreno, que também se desmantela com o pisoteio de visitantes do Parque, além da chuva e do vento, que incidem nos pontos de quebra onde essas crostas se rompem (Figura 12).

A coesão de tais crostas, além de fraca, quando tem seu material ressecado, não só rompe-se como seus fragmentos não resistem por muito tempo na superfície mais inclinada, vindo a descer, por gravidade, em pedaços para outros pontos da encosta. A penetração da água no solo arenoso, que naturalmente apresenta boa drenagem, é também um aspecto favorável ao rompimento das crostas, sobretudo onde a superfície se encontra fissurada pela instabilidade do material com a base solapada.

Nos locais onde a declividade não favorece o equilíbrio do material exposto - nas inclinações superiores a 20° -, ocorre a descida de areia e, na encosta a sotavento, parece que os movimentos por gravidade são a causa da exposição de área no meio da vegetação, fato que precisa ser mais bem estudado.

A movimentação de partículas no interior das depressões de deflação é geralmente ocasionada por redemoinhos que, rodopiando, escavam o terreno onde as bordas tendem a desmoronar, ampliando sua área, o que redundará em riscos para o recuo da vegetação no entorno das referidas depressões.

Com a exumação das raízes, originam-se pontos vulneráveis à ação do vento, no contato vegetação-solo descoberto, pontos estes destacados nas bordas das bacias de deflação e nos núcleos isolados que conservam resquícios da cobertura vegetal em recuo (Figura13).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A erosão do relevo geralmente advém de alguma causa que justifica os efeitos de processos interativos, nos quais o clima, o solo e a cobertura vegetal devem estar perfeitamente ajustados para manter a estabilidade.



Figura12: Imagem do aspecto da formação de crosta em superfície arenosa.

Foto: M. F. J. L. Ramalho- 2010.



Figura13: Imagem da exposição do solo em setores do Parque das Dunas, onde também se evidencia o efeito causado pelo vento na base e na copa dos arbustos.

Foto:M. F. J. L. Ramalho- 2010.

Em conformidade com o aspecto do relevo dunar, na condição atual, as bacias de deflação vão progressivamente se ampliando com a ação do vento. A erosão, no entorno dessa área, aumenta a vulnerabilidade da superfície arenosa. A insolação e o ressecamento da parte superficial do solo condicionam meios para a mobilização de areias.

Na dinâmica dos processos erosivos atuam o vento e a água, sendo o primeiro o principal agente morfogenético, incidindo nas reentrâncias e saliências da superfície de deflação.

Com as mudanças temporais ao longo do ano, tal ação torna-se mais efetiva com as temperaturas elevadas e a evaporação do

período de Primavera-Verão, quando as partículas secas ficam mais vulneráveis para o deslocamento, com a incidência das correntes aerodinâmicas.

Nesse período, o processo de movimentos de massa também é maior, acentuando-se a velocidade, conforme a inclinação da superfície arenosa, as intervenções, pelas subidas e descidas nas trilhas e/ou áreas de acesso, onde começam e terminam as caminhadas nas Dunas do Parque, e o solapamento abrasivo nos *blowouts*, que ativa o movimento de partículas causado pelo desequilíbrio do material.

Pelo exposto, concluímos que a deflação eólica e as áreas das clareiras, bem como as trilhas que dão acesso a essas áreas, podem, com a evolução do processo da perda de sedimentos, interferir cada vez mais na mata do Parque das Dunas e comprometer o ambiente, com a conseqüente alteração de condições edáficas e hidrológicas.

Com base nisto e mesmo entendendo que a dimensão do problema não é ainda perfeitamente percebida quanto à sua extensão, pode-se saber que o que já é visível pode alertar para cenários futuros, considerando o recuo da vegetação no entorno dessas áreas.

A perda ou remoção da vegetação acelera as taxas de erosão, tendo em conta que a superfície arenosa fica exposta ao trabalho do vento e das chuvas. Diante de outros agravantes decorrentes da migração da duna e/ou movimento de massa, há riscos de soterramento da vegetação e de áreas da cidade.

Destacando-se o caso do Morro do Careca, que também se insere no complexo dunar de Natal, observa-se que no setor afetado pelos movimentos de massa não há cobertura vegetal como antes. A mobilidade de sedimentos ali é grande e certamente inibe o avanço da vegetação na área desnudada.

Portanto, as dunas de Natal, tratando-se de áreas expostas aos efeitos da dinâmica e direção dos ventos, também se expõem à influência da proximidade do mar e do clima tropical, como as dunas do Parque, precisando ser mais estudadas, para uma interpretação mais segura do assunto em foco, tendo em

vista a complexidade dos sistemas hidrológico, climático, geológico e, em especial, o geomorfológico.

A mobilidade de areia a sotavento do Parque das Dunas e o processo de soterramento da vegetação, nas áreas onde os movimentos de massa estão mais intensificados, precisam também ser investigados e correlacionados com a morfodinâmica das dunas vegetadas em outras áreas.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, L. M.; BARBOSA, A. E. M.; BARBOSA, L. M. Estágios de alteração do campo de dunas costeiras em Fortaleza, Ceará. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA/REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORFOLOGY, 6., 2006, Goiânia, **Anais...** Goiânia: [S.l.], 2006.
- CASTRO, J. W. A.; RAMOS, R. R. C. Idade das dunas móveis transversais no segmento entre Macau e Jericoacoara - litoral setentrional do nordeste brasileiro. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v.64, n.4, p.361-367, 2006.
- CORDAZZO, C. V.; PAIVA, J. B.; SEELIGER, U. **Guia ilustrado**: plantas das dunas da costa sudoeste atlântica. Pelotas: USEB, 2006.
- COSTA, J. J.; SOUZA, R. M. Paisagem costeira e derivações antropogênicas em sistemas dunares. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 5, n. 10, p. 105-403, 2009.
- DENSLOW, S. J.; HARTSHORN, G. S. Tree-fall gap environments and forest dynamic process. In: McDADEL, A. et al. (Ed.). **La Selva**: ecology and natural history of neotropical rain forest. Chicago: University of Chicago Press, 1994. p. 120-127.
- DIAS, F. F.; CASTRO, J. W. A.; SEOANE, J. C. S. Problemas de soterramento decorrentes da movimentação de dunas no litoral de Cabo Frio – Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO DA ABEQUA: Os estudos do quaternário e a responsabilidade sócio-ambiental, 11., 2007, Belém. **Anais...** Belém, [s.n.], 2007. p.3.
- FREIRE, M. S. B. Experiência de revegetação nas dunas costeiras de Natal. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, n. 53, p. 35-42, 1983.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Anuário Estatístico**. Natal, 2008. Disponível em: <www.rn.gov.br/idema>. Acesso em: 30 ago. 2010.
- HESP, P. A.; THOM, B. G. Geomorphology and evolution of active transgressive dune fields. In: NORDSTROM, K. et al. (Ed.). **Coastal Dune**: form and process. Hoboken: John Wiley & Sons, 1990. p. 253-283.
- JUNGERIUS, P. D.; VAN DER MEULEN, F. Erosion processes in a dune landscape along the Dutch coast. **Catena**, Amsterdam, no. 15, p. 217-228, 1988.
- KIRKBY, M. J. The problem. In: KIRKBY, M. J.; MORGAN, R. P. C. (Ed.). **Soil erosion**. Hoboken: John Wiley & Sons, 1980. p. 1-62.
- LUNA, M. C. M. M. et al. Model for the genesis of coastal dune fields with vegetation. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 129, no. 3-4, p. 215-224, 2011.
- MUEHE, D. Brazilian coastal vulnerability to climate change. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, [S.l.], v.5, no. 2, p. 173-183, 2010.
- NORDSTROM, K. F. **Recuperação de praias e dunas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010
- PERRIN, P.; COSTA, M. I. P. As dunas litorâneas da região de Natal, RN. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO DO BRASIL, 4., 1982, Rio de Janeiro. Atas... Rio

de Janeiro: Cenpes-Petrobras, 1982. p. 291-304.

RAMALHO, M. F. J. L. **Evolução dos processos erosivos em solos arenosos entre os municípios de Natal e Parnamirim – RN.** 1999. 345 f. Tese (Doutorado)–Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Clareiras Naturais e a riqueza de espécies pioneiras em uma floresta atlântica Montana. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, n.59, p. 251-261, 1999.

_____. Gap-phase regeneration in a tropical montane rain forest: effects on gap structure and bamboo species. **Plant Ecology**, Dordrecht, no. 148, p. 149-155, 2000.

THORNTHWAIT, C. W.; MATHER, J. The water balance. **Climatology**, New Jersey, v. 8, o.1, p. 1-104, 1955.

Data de submissão: 22.10.2010

Data de aceite: 12.05.2011