

Experimento de Fluxo de Sedimentos em um Segmento de Campo de Dunas Eólicas Costeiras de Jenipabu - Litoral Oriental do Rio Grande do Norte, Brasil *

Sediment Flow Experiment in a segment of Jenipabú Coastal Dunes, East Coast of Rio Grande do Norte, Brazil

Júlia Varella Malta [®], ¹, Ricardo Farias do Amaral ²

RESUMO

O presente estudo analisa as medidas de transporte eólico utilizando coletores de areia verticais (*Sand Traps*) ao longo de um campo de dunas na praia de Jenipabu, município de Extremoz no estado do Rio Grande do Norte, ao Norte da cidade de Natal. Estas medidas foram utilizadas como parâmetro de movimentação eólica nesta região. Três campanhas de amostragem foram realizadas no mês de setembro de 2011, período do ano com maiores velocidades de vento, e uma em dezembro de 2011, período onde a velocidade do vento começa a diminuir. Ao longo de quatro perfis longitudinais do Campo de Dunas de Jenipabu foram utilizados 3 tipos diferentes de coletores eólicos cilíndricos de PVC: coletor do tipo "T", com abertura de 50 cm a partir do nível da superfície (campo "b" e "c"), coletor do tipo "I", com abertura de 25 cm a partir do nível da superfície e do tipo "S" com abertura de 25 cm acima da superfície do solo (campos "a" e "d"). Os dados meteorológicos *in situ* foram obtidos com a utilização de estação meteorológica portátil e complementados com os oriundos da Estação Meteorológica de Natal, distante 12 km da área de estudo. Os sedimentos coletados pelas armadilhas de areia foram lavados e pesados, com isso foi calculada a carga eólica de sedimentos (carga eólica). Em setembro, a taxa de transporte variou de 0,01 até 11,39 Kg m⁻¹ h⁻¹ e, em dezembro, entre 0,33 e 1,30 Kg. m⁻¹. h⁻¹. nos coletores tipo "T". Nos coletores tipo "I" esses valores variaram entre 0,01 e 11,39 Kg m⁻¹ h⁻¹, enquanto que nos coletores tipo "S" de 0,01 a 0.73 Kg. m⁻¹. h⁻¹. De acordo com a análise estatística, o transporte de sedimento aumenta em proporção direta à velocidade do vento, exceto com as amostras dos coletores do tipo "S", pois foi encontrado um $F= 0,139808$. O transporte de sedimentos é mais intenso nos primeiros 25 cm da superfície ($Q=8$ Kg. m⁻¹. h⁻¹), enquanto que, a níveis acima de 25cm de altura, os valores não ultrapassaram 0,35 Kg m⁻¹ h⁻¹. Atualmente, a ocupação humana fecha o suprimento de areia da praia de Santa Rita para o interior do campo de dunas de Jenipabu, que juntamente com a elevação do perfil da velocidade do vento, fazem com que o transporte eólico seja mais intenso do meio para o topo da duna. Nas áreas com vegetação esparsa, a face livre de deslocamento da duna acelera o processo de colmatação das lagoas de Jenipabu, importante destino turístico regional.

Palavras Chave: *Dunas móveis, coletores de areia, velocidades de vento, morfodinâmica, gestão costeira.*

@ - Corresponding author: jvmalta@gmail.com

1 - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG), Natal, Brasil.

2 - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geologia, Natal, CEP 59066-800, Brasil

ABSTRACT

These study made the analysis of the measurement of the aeolian transport using vertical sand traps across the dune field of Jenipabu, in the municipality of Extremoz, Rio Grande do Norte state, northern of the city of Natal. These measurements were used as a parameter of the sand aeolian transport in the region. There were made three field trips in September 2011 in September 13th (campo "a"), 21st (campo "b") and 29th (campo "c"), time of the year where the wind speed is the higher, and one in December 08th of 2011 (campo "d"), time of the year where the wind speed starts to decrease. Through four longitudinal profiles of the Jenipabu's dune fields were used 3 types of cylindrical aeolian traps made of CPV: type "T" with the collecting opening of 25 cm from the surface level, and "S" with the collecting opening of 25 cm from 25 cm of the surface level in six collect points in one of the September 13th (campo "a") field trips and another in December 08th (campo "d"), and sand traps type "T" with the collecting opening of 50 cm from the surface level, in the other field trips in September 21st e 29th (campo "b" e "c") across the dune field of Jenipabu. The meteorological data were gotten in situ with a portable meteorological station and those data were complimented with those from the Natal Meteorological Station away about 12 km from the study area. The sediments that were collected with the sand traps were washed and weighed, with it was calculated sediment wind load. In September the sediment flux varied from 0,01 to 11,39 Kg. m⁻¹. h⁻¹ and in December from 0,01 to 11,39 Kg. m⁻¹. h⁻¹ with the type "T" sand traps. While in the type "T" sand traps the wind load varied from 0,33 to 1,30 Kg. m⁻¹. h⁻¹, and with the type "S" sand traps the wind load varied from 0,01 to 0.73 Kg. m⁻¹. h⁻¹. According the statistic analyses the sediment transport increases in direct proportion to the wind speed, except in the samples collected with the type "S" sand traps where there were found a F= 0,139808. The aeolian transport is more intense in the first 25cm from de surface (Q=8 Kg. m⁻¹. h⁻¹), whereas in over 25cm from the surface the wind load values were less than 0,35 Kg. m⁻¹. h⁻¹. Nowadays the human occupation shuts the sediment supply from the Santa Rita beach into the dune field of Jenipabu, which in addition to the rise of the wind speed profile makes the aeolian transport more intense from the middle to the top of the dune. Where there are sparsely vegetated the displacement free dune face increases the clogging process of the Jenipabu pond, a important regional tourist destination.

Keywords: Mobile dunes, sand traps, wind speed, morphodynamics, coastal management.

1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras ocupam uma área reduzida da superfície da Terra na interface entre o continente e o oceano, porém se destacam por concentrarem um grande número de atividades fundamentais ao homem, relacionadas com alimentação, energia, educação, transporte, recreação e urbanismo, entre outras.

No estado do Rio Grande do Norte, o litoral atrai pessoas de diversas partes do Brasil e do Mundo, em virtude de suas belezas naturais, potencializado pelo desenvolvimento da atividade turística, porém o turismo é grande gerador de impactos ambientais. Assim como, as paisagens do litoral Norte rio-grandense vêm despertando interesses cada vez maiores do setor imobiliário, o que intensifica gradativamente os impactos ambientais preexistentes gerando grandes transformações no ambiente original.

O litoral em foco está assentado sobre sedimentos arenosos de origem marinha, o relevo encontrado é composto principalmente por dunas (móveis e fixas), terraços, lagoas planície de inundação e planície de deflação. A área se configura naturalmente como um ambiente frágil. Estes solos quando desprovidos de vegetação apresentam grande mobilidade, o que pode comprometer a qualidade de vida das populações aí residente.

Neste panorama inserem-se as dunas de Jenipabu, foco desta pesquisa. Apesar das dunas serem grandes receptoras de atividades e empreendimentos turísticos e imobiliários, não só de caráter local, como também, nacional e internacional, este fato promove mudanças em suas configurações originais o que pode eventualmente vir a descaracterizar a área.

Este trabalho tem como objetivo medir e analisar o transporte eólico dos sedimentos dunares responsáveis pela transgressão das dunas eólicas costeiras, utilizando coletores de areia (*Sand Traps*) ao longo de um campo de dunas na

praia de Jenipabu em escala sazonal, que pode ser aplicada a períodos maiores de até escala decenal.

2. ÁREA DE ESTUDO

O Nordeste brasileiro pode ser dividido em três sub-regiões: a Meio-Norte compreende os Estados do Maranhão e Piauí; o Nordeste Oriental compreende os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas; e a porção meridional, da qual fazem parte os estados de Sergipe e Bahia (Andrade, 1967).

O Nordeste Oriental pode ainda ser subdividido em duas porções distintas sendo a Setentrional, a norte do cabo de São Roque e a Oriental, que se encontra entre o cabo de São Roque e o Rio São Francisco. Na porção Oriental além das costas baixas arenosas com dunas móveis, podem-se encontrar também outros tipos de costa, tais como costas altas de barreiras argilosas que formam falésias do Grupo Barreira, costas de mangue e costas de recifes de arenitos e de corais (Muehe, 2006).

É nesta porção costeira oriental que se localiza a área de estudo no Município de Extremoz, entre as coordenadas Este 252.934,5m e 257.335,1m e as coordenadas Norte 9.370.454,9m e 9.364.749,2m UTM 25M (Figura 1).

2.1. Características Climáticas

O clima predominante na região segundo a classificação de Köopen é o tropical com chuvas. Este é caracterizado por duas estações bem definidas, o verão é quente enquanto que o outono e o inverno são caracterizados por uma precipitação pluviométrica com variação entre 800 a 1.200 mm distribuídas entre os meses de Fevereiro a Julho.

Durante todo o ano, na região, sopram frequentemente ventos do quadrante E, oriundos do anticiclone semifixo

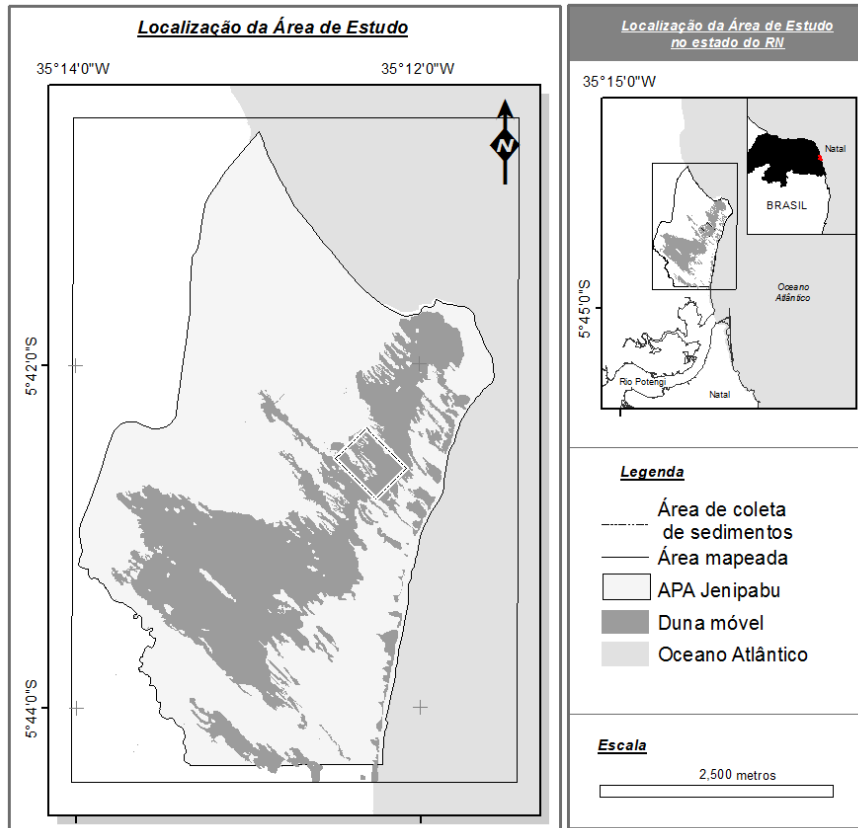


Figura 1. Localização da área de estudo.
Figure 1. Study site location.

do Atlântico Sul. O domínio deste anticiclone mantém a estabilidade do tempo. Esta estabilidade cessa com a chegada das correntes perturbadas, que compreendem, principalmente, quatro sistemas: As correntes perturbadas de norte; as correntes perturbadas de sul, as correntes perturbadas de leste, as correntes perturbadas de oeste (Nimer, 1972).

As correntes perturbadas de norte são representadas pelo deslocamento da zona de convergência intertropical (ZCIT), oriunda da convergência dos alísios dos dois hemisférios, é uma zona de chuvas e trovoadas intensas. Esta depressão está situada, durante o ano, em média, próximo ao paralelo 05°N, mas durante o outono (março - abril) alcança sua posição mais meridional no hemisfério sul e pode provocar chuvas até no paralelo 10°S (Nimer, 1972).

As correntes perturbadas de sul são representadas por invasões de frentes polares, que somente raras vezes, na primavera e no verão, conseguem ultrapassar o paralelo de 15°S, provocando chuvas no litoral. No inverno, a frente polar ultrapassa com mais frequência aquele paralelo (Nimer, 1972).

As correntes perturbadas de leste são representadas pelos alísios oriundos do anticiclone tropical do Atlântico Sul, estão divididos em duas camadas, uma inferior fresca e úmida, e outra superior, quente e seca. Quanto mais baixa é esta inversão mais estável é o tempo. No litoral do Nordeste, esta inversão é mais alta, desaparecendo ao contato com a frente polar (ao sul) e com a ZCIT (ao norte) (Nimer, 1972).

As correntes perturbadas de oeste raramente atingem

o litoral potiguar (Nimer, 1972). O regime de ventos predominante correspondem aos ventos da Massa Equatorial Atlântica (Ea) que encaminha ao litoral do Nordeste (principalmente o litoral norte) os ventos alísios de nordeste. Também recebe influência dos ventos alísios de sudeste formados pela Massa Tropical Atlântica (Ta) (Nimer, 1972).

Nesta porção do litoral potiguar, a velocidade média anual dos ventos chega a 4,3m/s, com as maiores médias mensais ocorrendo entre os meses de agosto a novembro, e os menores em março e abril. Durante o dia, a velocidade média dos ventos varia muito, podendo as máximas variar entre 8,3 e 10,3m/s (Tinoco, 2009).

A precipitação média anual em Natal, onde se encontra a estação meteorológica mais próxima da área de estudo, foi de 1.704,7mm entre os anos de 1984 à 2007, neste período o ano com menor média de precipitação foi 1993, com 858,2mm, enquanto que em 2004 teve a maior média anual de precipitação com 2.438mm (Tinoco, 2009).

A estação chuvosa nesta porção do litoral potiguar estende-se de março a agosto, quando os totais mensais, em média, excedem os 100mm. Outubro, novembro e dezembro são os meses mais secos, com total de precipitação, em média, abaixo de 40mm (Tinoco, 2009).

A média da umidade relativa do ar na cidade de Natal é bastante homogênea e estável, com valor médio anual de 79,3%, raramente alcançam valores inferiores a 74%, onde os valores mais altos são encontrados nos meses de abril, maio, junho e julho, que correspondem em grande parte ao período de temperaturas mais baixas (Tinoco, 2009).

3. MÉTODOS

3.1. Mapeamento da Área de Estudo

A área de estudo é composta por diferentes unidades geológicas e geomorfológicas, as quais foram referidas como unidades de paisagem. Estas unidades foram classificadas utilizando-se de análise visual sobre fotografias aéreas do acervo de imagens do IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente), datadas de 2005, obtidas em escala aproximada de 1:20.000. Foram utilizadas também imagens utilizadas foram Ortofotos 2005 com escala aproximada 1:10.000 e resolução espacial de 5m. Estas foram retificadas, georreferenciadas e o mosaico fotográfico elaborado. Para o mapeamento foi utilizada o sistema de referencia UTM, na zona 25S e o Datum SIRGAS 2000.

As Unidades de Paisagens se individualizam pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos ou até mesmo pelo arranjo estrutural e o tipo de litologia ou exclusivamente por um desses elementos (Ross, 1992). A categoria de análise das Unidades de Paisagem é definida como geossistemas. Estes são definidos como fenômenos naturais (aspectos geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e fitogeográficos) que englobam os fenômenos antrópicos (aspectos sociais e econômicos). Somados representam a paisagem modificada

ou não pela sociedade (Guerra & Marçal, 2006). As unidades relevantes para este trabalho foram definidas como: dunas móveis, colina de areia acumulada por ação eólica sem cobertura vegetal; dunas vegetadas, colina de areia acumulada por ação eólica com cobertura vegetal; cobertura vegetal, áreas planas cobertas por vegetação tais como manguezais, restinga, caatinga e mata atlântica; duna frontal e praia são cadeias de dunas paralelas à linha de costa e faixa de praia; superfície de deflação; campo aberto; área alagada; área ocupada; e corpos de água. Estas unidades estão representadas no Mapa de Unidades de Paisagem da área. (Figura 2).

3.2. Coletores de Sedimentos

O transporte eólico é um processo afetado por inúmeras variáveis e por isso difícil de ser registrado com exatidão. Ao longo do tempo inúmeros autores vêm tentando estabelecer um método eficiente aplicável à medida do transporte eólico de um determinado local (Rosen, 1978; Leatherman, 1978; Goldsmith, 1978; Illemerger & Rust, 1986; Pye e Tsoar, 1990). De modo que existem diferentes modelos de coletores de sedimentos onde cada qual apresenta suas vantagens e desvantagens.

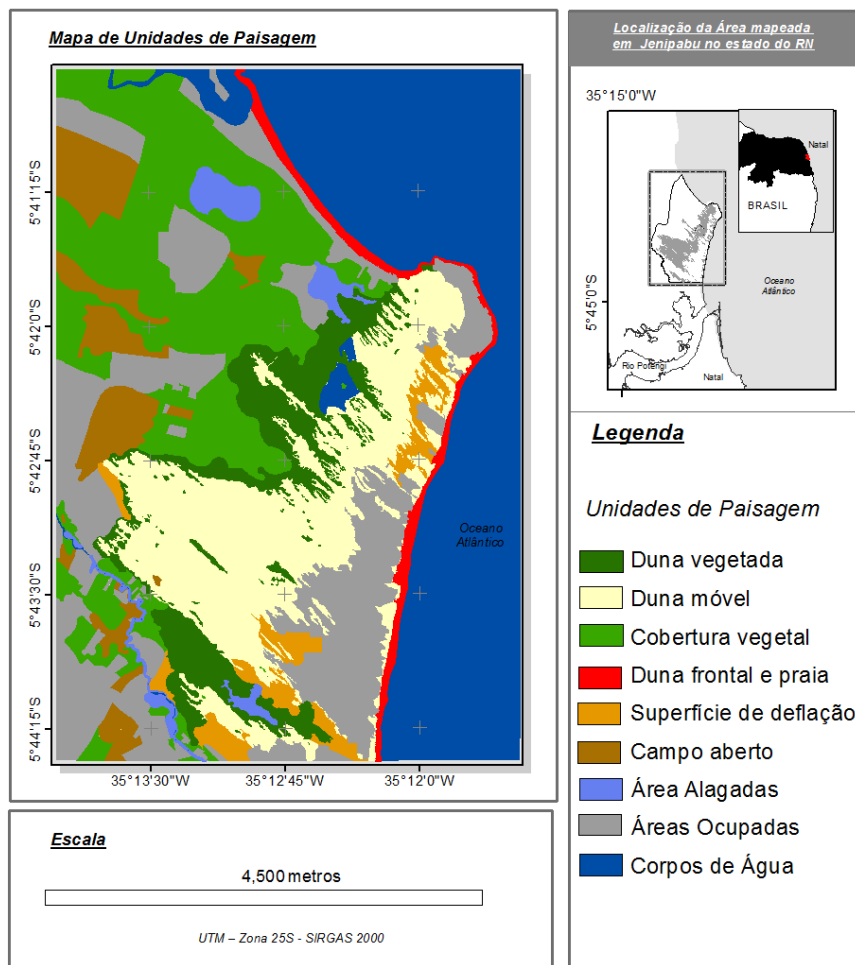


Figura 2. Mapa de Unidades de Paisagem.
Figure 2. Study site landscape units map.

Os coletores verticais, utilizados nesse trabalho têm como vantagem o custo e a facilidade de fabricação. Inicialmente propostos por Leatherman (1978) modificados pelos autores, seu inconveniente principal é o da alteração das condições do fluxo do ar por sua mera presença, chegando inclusive a formar pequenas depressões à sua frente, o que impede a coleta de sedimentos transportados por arrasto (Pye & Tsoar, 1990).

Para se compreender a dinâmica do campo de dunas móveis de Jenipabu e as implicações do seu uso e ocupação foram instalados coletores de areia nos meses de setembro 2011 e dezembro de 2011. Este período de estudo foi escolhido porque nele observam-se ventos mais fortes e o início do declínio da velocidade do vento. A diminuição das precipitações e aumento da velocidade dos ventos alísios de S-SE incidentes na costa Leste do litoral potiguar favorecem o deslocamento de sedimentos, principalmente os costeiros de origem marinha, e atuam diretamente nos processos morfogenéticos de construção e reconstrução do relevo local (Tinoco, 2009). Os fortes ventos, juntamente com a baixa umidade, contribuem ainda para a ocorrência de erosão eólica, sobretudo naquelas áreas desprovidas de cobertura vegetal, promovendo o abatimento de parte deste relevo.

Vale ressaltar ainda que os dados obtidos em campo, apesar de adquiridos de forma direta formam um parâmetro para uma análise morfodinâmica que não reflete o valor real de transporte eólico de um determinado local, posto que é impossível dimensionar e avaliar todas as variáveis ambientais presentes no exato momento em que se deu a captura dos sedimentos pelo coletor, assim como inferir o comportamento dessas variáveis durante o resto do tempo (Pye & Tsoar, 1990).

A escolha do posicionamento dos coletores foi baseada nos critérios estabelecidos por Pye e Tsoar (1990) no trabalho realizado em Israel. Os critérios observados foram: distância de obstáculos naturais ou artificiais, evitando a interferência destes obstáculos nos resultados; distribuição longitudinal ao longo do eixo dunar e posicionamento em relação a um mesmo eixo transversal. A abertura do coletor sempre foi posicionada voltada para a direção preferencial do vento.

Os coletores utilizados foram do tipo vertical, baseados no modelo desenvolvido por Rosen (1978) (Nordstrom *et al.*, 2006; Nordstorm *et al.*, 2011). Este modelo também foi utilizado por Paiva (2011) na praia de Maracaju localizada no município de Maxaranguape ao norte da área de estudo. São constituídos por tubos de PVC com dimensão de 120 x 10cm, onde a parte inferior é utilizada como armazenador dos sedimentos capturados por meio de duas aberturas de 7cm de largura por 50cm de altura, dispostas em lados opostos do coletor. A abertura livre é colocada a barlavento, a outra, a sotavento, é coberta por uma tela de 60µm. Os coletores foram enterrados até que a base da janela livre, voltada para a pista do vento, coincidissem com a superfície do terreno. Neste trabalho foram utilizados também coletores com aberturas reduzidas na altura, sendo um tipo com abertura inferior (tipo "I") e, outro, com abertura superior (tipo "S") situada a 25cm da superfície (Figura 3).

Durante os dias 13, 21 e 29 de setembro e dia 08 de dezembro de 2011 foram realizadas expedições de campo para coleta de sedimentos. Nos dias 21 (campo "b") e 29

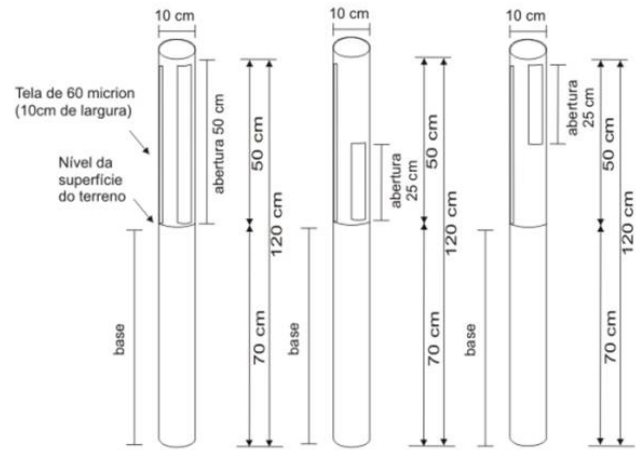


Figura 3. Modelo esquemático que mostra as medidas dos coletores de areia utilizados durante o trabalho.

Figure 3. Measurements model of the sand traps used in this study.

(campo "c") de setembro foram utilizados coletores iguais com apenas um tipo de abertura (tipo "T"), enquanto que nos dias 13 de setembro (campo "a") e 08 de dezembro (campo "d") foram utilizados os coletores com aberturas superior (tipo "S") e inferior (tipo "I") em seis pontos de coleta, de acordo com o mapa (Figura 4).

Para que fosse possível comparar os dados entre os campos onde foram utilizados os coletores tipo "T" com os dados coletados utilizando tipo "I" e tipo "S" devido as dimensões dos coletores ao somar a área das aberturas dos coletores tipo "I" e tipo "S" têm-se o equivalente à abertura de um coletor tipo "T" (nas expedições dos dias 13 de setembro e 08 de dezembro coletor tipo "I+S = T"). As armadilhas coletaram em cada ponto até três vezes ao dia, entre às 8:00hs e 18:00hs, com tempo médio de amostragem de 2 horas (Figura 5). No local dos pontos de coleta, os dados meteorológicos foram obtidos a 2m de altura através de uma estação meteorológica portátil.

Para melhor entender o funcionamento da dinâmica de transporte de sedimentos do campo de dunas foram feitos quatro perfis longitudinais coincidentes com os pontos de coleta, em seguida foram comparados os valores das médias das cargas eólicas em cada ponto ao longo desses perfis (Figura 04). Utilizando critérios morfológicos e distância da superfície de deflação, os perfis transversais cortam o campo de dunas em quatro subambientes geomorfológicos: base, meio proximal, meio distal e topo. Por exemplo, os coletores do tipo "T" (campos "b" e "c") foram colocados formando três perfis longitudinais paralelos J11, J12 e J13; J31, J32, J33, J21 e J34; J41, J42, J43 e J51.

Os coletores do tipo "I" e "S" empregados nos campos "a" e "d" também foram posicionados em um perfil longitudinal ao campo de dunas (J1, J2, J3, J42); assim como, transversalmente, em três pontos no topo do campo de dunas (J41, J42 e J43).

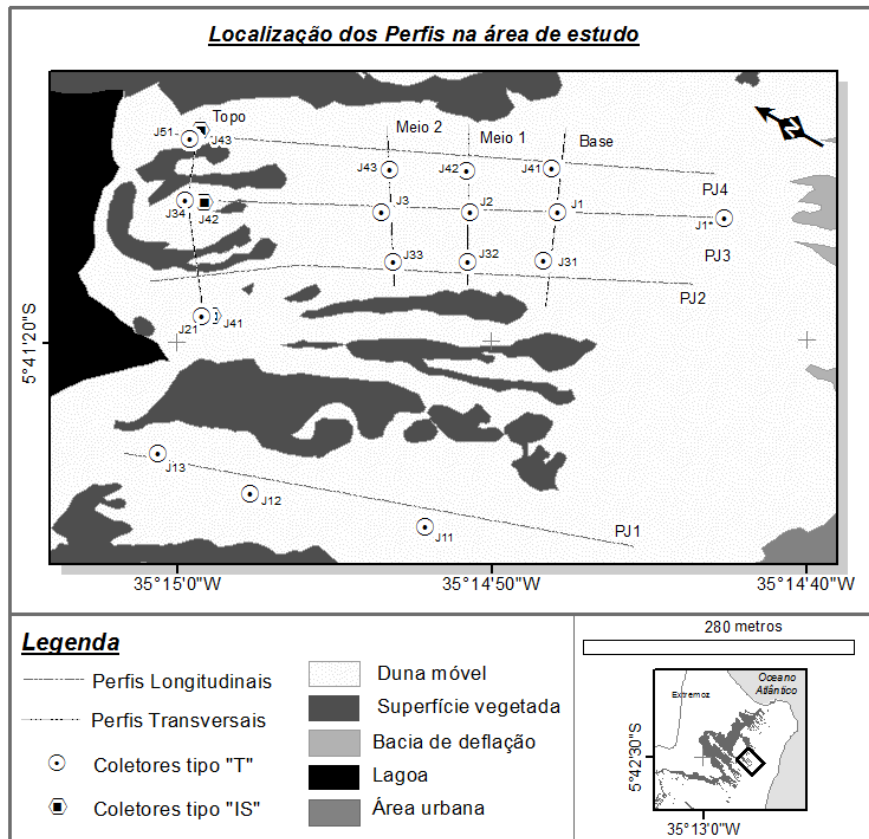


Figura 4. Mapa de localização dos pontos onde foram instalados os coletores e feitas as análises granulométricas e dos perfis topográficos longitudinais e transversais.

Figure 4. Sand traps installation points, granulometric analyses points and longitudinal and transverse profiles location map.

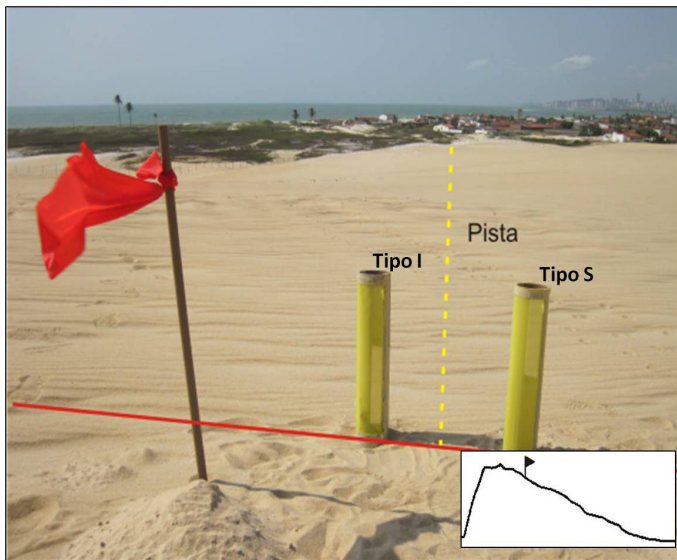


Figura 5. Coletores segmentados posicionados no campo de dunas com a abertura voltada para a direção do vento, mostrando a pista de coleta de sedimentos, setembro de 2011.

Figure 5. Divided Sand traps placed on the dune field facing the wind direction, showing the "pista" in September 2011.

3.3. Análise de Sedimentos

Depois de lavadas com água, as amostras foram pesadas em balança digital. Posteriormente, os dados foram organizados em planilhas para análise de correlação com dados meteorológicos obtidos em campo, assim como a relação entre perfis longitudinais e transversais relativos aos pontos de coleta.

As amostras dos campos "a" e "c" foram pesadas e uma porção de 100g de cada uma das amostras retirada para análise granulométrica em todos os pontos de coleta. Após, se processou a análise mecânica com o uso de peneiras com aberturas de 2 mm (areia muito grossa) a 0,062mm (areia muito fina), no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN (Figura 04).

Para que fosse conhecida a carga eólica obtida pelos coletores nos pontos amostrados, durante os trabalhos de campo, foram utilizadas duas fórmulas matemáticas gerais que originaram uma fórmula simplificada. A primeira equação geral é composta pelos valores de massa de sedimento coletado, a altura da abertura dos coletores utilizados em metros e uma altura de referência (1 metro linear), equação (1a).

Enquanto que a segunda equação geral utilizou valores de quantidade de sedimento coletado por metro linear, tempo de exposição das armadilhas para a coleta de cada amostra

e o tempo de referência de uma hora, equação (1b). E uma fórmula simplificada que une as duas fórmulas gerais em uma só, equação (1c).

$$\begin{array}{ccc} \text{a)} & \text{b)} & \text{c)} \\ Q_p = \frac{m \cdot h}{\Delta h} & Q_{p'} = \frac{Q_p \cdot t}{\Delta t} & Q_{p'} = \frac{m \cdot h \cdot t}{\Delta h \cdot \Delta t} \end{array} \quad (1)$$

Onde Q_p é equivalente carga eólica em $\text{Kg} \cdot \text{m}^{-1}$ para o tempo de exposição de cada coleta; $Q_{p'}$ é a carga eólica em $\text{Kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; h a altura referência de 1 metro; Δh a altura da abertura dos coletores utilizados; m é a massa da amostra; t o tempo referência utilizado de uma hora e Δt o tempo de exposição de cada coletor em cada amostragem.

3.4. Características dos Ventos Locais

Para realizar o estudo do regime de ventos da área foram utilizados dados coletados em campo com o auxílio de uma estação meteorológica portátil do tipo *Kestrel 4000*, medidos a 2m do chão. As informações são complementadas por dados correspondentes ao período de 1960 a 2000, registrados pela Estação Meteorológica de Natal (distante cerca de 12 km ao sul da área de trabalho), fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Os registros foram organizados e, posteriormente, compilados em planilhas do Excel para estabelecer frequências de direção e velocidade do vento.

3.5. Análise Estatística

Esta seção do trabalho apresenta a fundamentação estatística, conceitual e metodológica, utilizada neste estudo. Foi utilizada a análise estatística de regressão linear simples. Em todas as análises foram feitas as estatísticas descritivas (Ayres et al. 2007). Todas elas feitas com o nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$).

Para que fosse possível relacionar a velocidade do vento com a quantidade de sedimentos coletada foi feita um regressão linear simples, que consiste em uma tentativa de estabelecer uma equação matemática linear (linha reta) que descreva o relacionamento entre duas variáveis, no caso a velocidade do vento em relação à quantidade de sedimento coletada. Da mesma forma como usamos a média para resumir uma variável aleatória, a reta de regressão é usada para resumir a estimativa linear entre duas variáveis aleatórias (Lapponi, 1997).

3.6. Análise do Terreno

A análise de terreno na área de estudo foi feita com base em Ortofoto de 2005, de onde foram obtidas curvas de nível, equidistantes 1m, adquiridas com o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN (IDEMA) por meio do Projeto de Mapeamento do Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte. Com o auxílio de um software de geoprocessamento, as cotas dessas curvas de nível foram transformadas em pontos para que pudesse ser criado um modelo digital do terreno *TIN*.

3.6.1. Superfície TIN

A Malha Triangular Irregular *TIN* (*Triangulated Irregular Network*) é uma ferramenta que tem sido usada em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) por muitos anos e apresenta um modelo significativo para representar a morfologia de uma superfície. Nos modelos do tipo *TIN* as superfícies topográficas são modeladas, por meio de conjuntos de triângulos contínuos e não sobrepostos, definidos no plano xy e com vértices apoiados nas projeções horizontais de pontos com coordenadas (planimétricas e altimétricas) conhecidas e dispostas irregularmente de modo a caracterizar as singularidades topográficas das superfícies em questão (Fowler & Little, 1979). Para criação de um modelo *TIN* podem ser utilizados dois métodos, o de triangulação Delaunay ou de ordenação de distâncias, para este estudo foi utilizado o primeiro.

O método de triangulação de Delaunay é um dos mais conhecidos e pode ser empregado em diversos aplicativos de edição e visualização 3-D de dados cartográficos (Figueiredo & Carvalho, 1991) onde as faces destes triângulos, justapostas, criam uma superfície contínua, representando o terreno correspondente e assim formar a Malha Triangular Irregular *TIN*.

Depois de criada a Superfície *TIN* com o auxílio de um software de SIG, foram criados os perfis altimétricos transversais e longitudinais do campo de dunas objeto do estudo coincidentes com os pontos de coleta, para que fosse possível a correlação entre a geometria das dunas com a carga eólica.

4. RESULTADOS

4.1. Mapeamento de Unidades de Paisagem

Com base na metodologia utilizada foi confeccionado o mapa de Unidades de Paisagem e a partir da análise deste, percebeu-se que as Dunas Móveis formadas por depósitos arenosos caracterizados por sedimentos eólicos de composição quartzosa e granulometria de fina a média, bem selecionados, os quais são associados ao desenvolvimento do litoral atual formando cordões paralelos a linha de praia. Esta unidade corresponde a aproximadamente 40% da área de estudo e está situada entre as de unidades superfície de deflação e dunas vegetadas. Trata-se da unidade com dinâmica mais acentuada, deslocando-se de SE para NW. A frente de seu percurso são encontradas feições importantes tais como a lagoa de Jenipabu, atrativo turístico internacional do estado, e uma superfície vegetada, já intensamente ocupada, formada por restos de dunas mais antigas aplainadas pela intensa morfodinâmica quaternária. Possui uma extensão de 2,2km na porção mais a sul e 1km na porção mais a norte e 4,4km no eixo NS, é formada principalmente por dunas parabólicas em forma de grampo e ancinho sobrepostas. São envoltas por dunas vegetadas onde a extensão dessas caracteriza a extensão das dunas móveis, onde as dunas vegetadas são mais extensas as dunas móveis são menos extensas.

As Dunas Vegetadas são compostas por sedimentos eólicos quaternários atualmente fixados pela vegetação natural arbustiva, predominantemente composta por areias quartzosas. A Superfície de Deflação na área mapeada

encontra-se ocupada por construções e plantações, na porção que não está ocupada pode-se encontrar vegetação rasteira e alguns afloramentos do lençol freático.

As Dunas Frontais são cadeias de dunas paralelas à linha de costa, formadas a partir de acumulação de sedimentos frente a obstáculos tais como tufos de vegetação na região de pós-praia, a qual pode ser submetida a retrabalhamento pela maré em períodos de sizígia ou tempestades, pode-se encontrar cobertura vegetal incipiente. Enquanto que os depósitos de praia são constituídos predominantemente por quartzo. Podem-se encontrar estruturas de ravinamento, marcas de deixa e marcas de ondas ao longo da linha de praia e no estirâncio. Esta unidade sedimentar está sujeita a constante retrabalhamento por processos principalmente marinhos e eólicos e secundariamente fluviais.

Os Corpos de Água encontrados na área de trabalho são: a Lagoa de Jenipabu, uma lagoa perene que está localizada a oeste das dunas móveis com diâmetro de cerca de 300m na maior porção da lagoa e 170m na menor; o Rio Ceará-Mirim, rio que corta a porção norte da área mapeada com leito aproximado de 200m no estuário e entre 30m e 50m ao longo do curso; o Rio Doce que corta a parte sul da área mapeada com o leito de aproximadamente 10m de largura; e o oceano Atlântico.

As Áreas Alagadiças são formadas por áreas onde o lençol freático encontra-se próximo a superfície e que durante a época de chuvas formam lagoas temporárias principalmente na área da bacia de deflação. São áreas pequenas espalhadas pela área vegetada e planície de deflação.

Áreas Ocupadas encontram-se espalhadas por toda a extensão do território mapeado, consistem em áreas onde há qualquer tipo de ocupação antrópica, tais como áreas urbanas, loteamentos, plantações e criações de animais, tais como a vila de Santa Rita, casas de veraneio próximas à praia ocupando grande parte da bacia de deflação e parte da duna e também plantações de coco.

A Cobertura vegetal é composta por áreas cobertas por vegetação tais como manguezais, restinga, caatinga e mata atlântica que ocupa uma área de aproximadamente 40% do terreno mapeado, concentrados na porção oeste da área, porém encontram-se porções de campo aberto e áreas antropizadas dentro de seu território (Figura 02).

4.2. Características do Ar e do Vento Locais

Durante os trabalhos de campo foram verificadas temperaturas entre 26,5°C e 31,4°C durante todo o monitoramento e em cada trabalho de campo foram verificadas temperaturas que variaram entre 27,6°C e 28,2°C no campo “a” (dia 13 de setembro de 2011). Assim como no campo “b” (dia 21 de setembro de 2011) foram verificadas temperaturas entre 26,8°C e 28,5°C. Enquanto que no campo “c” (dia 29 de setembro de 2011) durante o tempo de monitoramento a temperatura foi de 27,0°C até 30,6°C. E no campo “d” (dia 0,8 de dezembro de 2011) a temperatura vista em campo variou de 28,0°C a 31,4°C (Tabela 1).

Os valores da umidade relativa do ar durante o período do monitoramento foram verificados valores entre 63,1 e 79,2% em todos os trabalhos de campo, enquanto que

durante o campo “a” foram verificados valores de 67,2% à 75,1%. No campo “b” os valores de umidade relativa do ar variaram entre 69,8% e 75,6%, já no campo “c” foram verificados valores entre 67,7% e 77,8%. E no campo “d” os valores encontrados variaram entre 63,1% e 72,3% (Tabela 1).

Ao verificar os valores de umidade relativa do ar encontrados pôde-se perceber uma tendência similar para todos os trabalhos de campo que apresentaram valores altos próximos a base do campo de dunas, os quais iam diminuindo em direção à porção média do campo de dunas e esses valores voltavam a subir no topo do campo de dunas durante a manhã. No período da tarde, esse padrão se repete com valores mais baixos que durante a manhã.

A velocidade do vento verificada em campo durante o período do monitoramento ficou entre 3,1 e 12,3m/s durante todos os trabalhos de campo. Durante o campo “a” a velocidade do vento variou entre 4,3 e 9,5m/s, já no campo “b” foram encontradas velocidades que variaram entre 7,0 e 11,5m/s, no campo “c” as velocidades encontradas foram de 7,7 até 12,3m/s. E no campo “d” a velocidade do vento variou entre 3,10 e 7,6m/s (Tabela 01).

A variação da velocidade do vento ocorre devido, principalmente a localização do ponto de coleta, assim como com o período do ano. No campo “a” o primeiro ponto de coleta localizava-se na base do campo de dunas, a qual fica próxima de várias construções (Figura 06a), com isso a velocidade do vento que incide nessa área é bem baixa, entre 4 e 5m/s.

A velocidade do vento aumenta em direção ao topo do campo de dunas, com exceção do ponto de coleta próximo ao ponto de parada de *buggys* (Figura 06b), onde este apresenta valores mais baixos do que os outros pontos de coleta no topo do campo de dunas durante o período da manhã. No período da tarde, no entanto, os valores de velocidade do vento verificados nesse ponto são semelhantes aos valores dos demais pontos de coleta no topo do campo de dunas. Pois durante o período de coleta os passeios de *buggy* se concentravam no período da manhã.

O estudo da velocidade do vento foi feito a partir de dados coletadas na Estação Climatológica Principal da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, localizada no bairro de Lagoa Nova, em Natal (latitude 5°50'S, longitude 35°12'W e altitude de 49m), entre os anos de 1960 a 2000, apesar dessa estação estar localizada à cerca de 12km ao Sul da área de estudo, a utilização desses dados para a caracterização climática se justifica pelas condições semelhantes dos dois locais, tendo em vista a uniformidade da paisagem e, também, por ser a estação meteorológica situada mais próxima da área de estudo.

Ainda a partir da análise dos dados da estação meteorológica verificou-se também a média mensal da velocidade do vento, assim como a direção média mensal durante esse período, de 1960 a 2000 e assim verificar que a direção preferencial dos ventos na região, durante todos os meses do ano varia sempre no quadrante SE, e a velocidade média mensal é menor durante os meses de março e abril com valores de 3,22 e 3,29m/s, começa a aumentar a partir de maio chegando ao máximo nos meses de agosto e setembro, com valores de 4,18m/s, quando

volta a diminuir durante o mês de outubro com velocidade média de 4,1 m/s até alcançar o valor mais baixo em março de 3,22 m/s (Figura 07). Com base nos dados de velocidade dos ventos foram escolhidos os períodos para a realização dos trabalhos de campo, foi selecionado o período com a maior velocidade de vento para que fosse realizada a maioria dos trabalhos de campo e também foi escolhido um momento em que já houvesse iniciado o declínio da velocidade do vento (Figura 7).

4.3. Carga Eólica

Sabe-se que o fluxo de sedimentos varia ao longo de uma duna (Bagnold, 1941), neste trabalho pode-se perceber essa variação ao se comparar os valores de carga eólica verificados a partir da implantação de coletores de sedimento, em diferentes setores do campo de dunas, como foi apresentado anteriormente.

Ao analisarem-se os valores verificados de fluxo de sedimentos na base do campo de dunas no campo "a" percebeu-se que a taxa de sedimentação no ponto mais

próximo a base do campo de dunas (J1*) (Figura 4) era praticamente nula, menor que 0,01 Kg. m⁻¹. h⁻¹. Devido a esse valor nos campos seguintes foi utilizado como ponto de coleta mais próximo à base do campo de dunas o ponto J1 (Figura 04). Assim ao longo dos três trabalhos de campos seguintes pode-se perceber que na base do campo de dunas foram verificados valores entre 0,19 e 1,75 Kg. m⁻¹. h⁻¹ entre as coletas dos dias 13, 21, 29 de setembro e 08 de dezembro das 08 às 18 horas. Analisando com mais detalhes os maiores valores de fluxo de sedimento verificados desse setor do campo de dunas, em condições normais, foram verificados nas segundas e terceiras coletas, entre os horários de 14 às 17 horas aproximadamente, os maiores valores de carga eólica de sedimentos de 0,63 e 0,27 Kg. m⁻¹. h⁻¹ com exceção do campo "b" (21 de setembro) onde foram verificados os valores mais altos desse setor na primeira coleta do dia, por volta das 8 horas (Figura 08).

Na porção central do campo de dunas foram verificados quatro pontos de coleta, dois mais próximos a base (J32 e J42) e dois mais próximos ao topo (J33 e J43) (Figura 4).

Tabela 1. Valores de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento verificado em campo.
Table 1. Temperature, relative humidity and wind speed values verified in the field.

Trabalhos de Campo	Datas	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (m/s)
Campo a	13/09	27,6 - 28,2	67,2 - 75,1	4,3 - 9,5
Campo b	21/09	26,8 - 28,5	69,8 - 75,6	7,0 - 11,5
Campo c	29/09	27,0 - 30,6	67,7 - 77,8	7,7 - 12,3
Campo d	08/12	28,0 - 31,4	63,1 - 72,3	3,1 - 7,6
Total		26,8 - 31,4	63,1 - 77,8	3,1 - 12,3

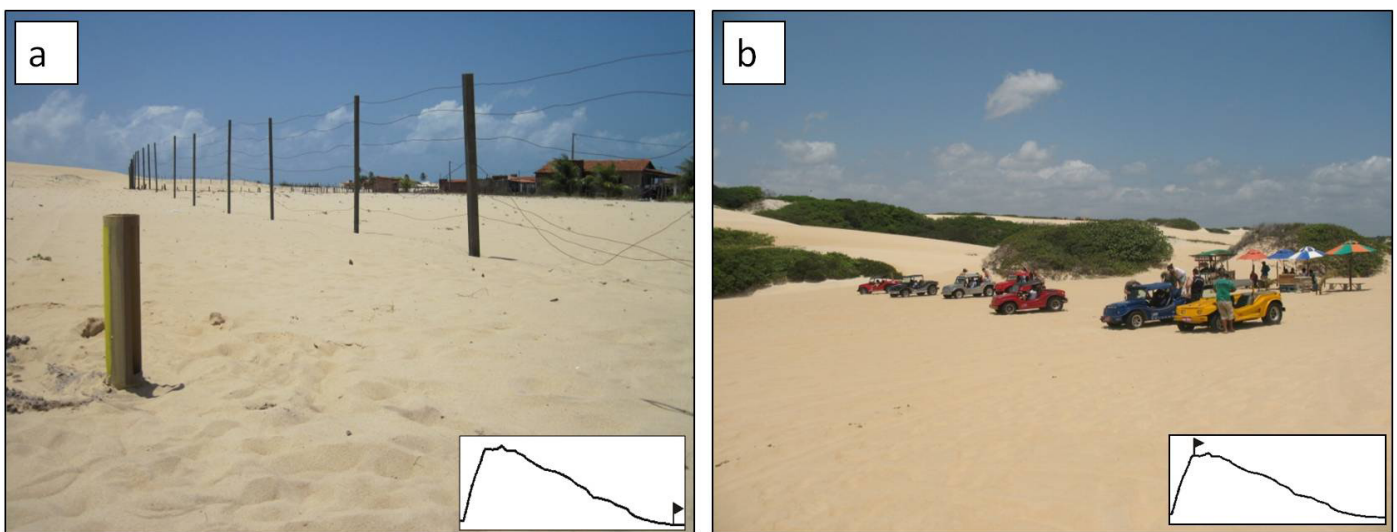


Figura 6. (a) Figura que mostra um ponto de coleta na base do campo de dunas, onde foram verificados os menores valores de velocidade do vento. Note a ocupação em último plano. (b) Figura que mostra um ponto de parada de *buggys* próximo ao ponto de coleta.

Figure 6. (a) Figure showing a collecting point at the base of the dune field, where there were verified the lowest wind speed. Note the occupation in the background. (b) Figure that shows a stopping point of the *buggys* near the collecting point.

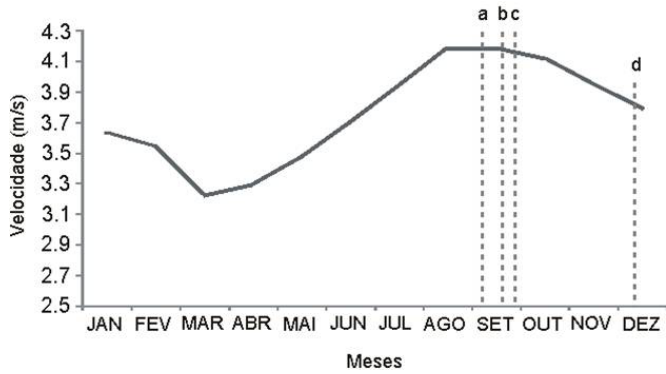


Figura 7. Gráfico que mostra a média mensal da velocidade do vento no município de Natal nos anos de 1960 a 2000, em relação às datas dos trabalhos de campo e a data dos trabalhos de coleta em campo.

Figure 7. Chart that shows the monthly average wind speed in the city of Natal in the years 1960 to 2000, in relation to dates of field trips and data collection work in the field.

Onde nos pontos de coleta mais próximos à base do campo de dunas foram encontrados valores entre 0,17 e 1,13Kg. m⁻¹. h⁻¹ do mesmo modo que o apresentado anteriormente, valores verificados durante o campo “d” (08 de dezembro) são inferiores aos valores verificados nos outros campos devido a velocidade do vento relativa à época do ano na qual a coleta foi realizada, neste trabalho de campo foram verificados valores entre 0,33 e 1,30Kg. m⁻¹. h⁻¹. Enquanto que durante as demais visitas à campo os menores valores encontrados foram verificados durante as primeiras coletas de cada trabalho de campo, por volta das 8 às 10 horas com valores variando entre 0,17 a 4,98Kg. m⁻¹. h⁻¹ durante

o campo “a”, de 0,08 a 4,00Kg. m⁻¹. h⁻¹ durante o campo “b” e 0,08 a 4,30Kg. m⁻¹. h⁻¹ durante o trabalho de campo “c” (Figura 8).

Os maiores valores de carga eólica de sedimentos encontrados nesse setor foram verificados durante as terceiras e quartas coletas por volta das 14 e 17 horas, com exceção do campo “b” (21 de setembro) onde não foram feitas à tarde devido a chuva, pois não há transporte de sedimentos eólicos durante a chuva (Nordstrom, 1990), os maiores valores encontrados foram de 11,39Kg. m⁻¹. h⁻¹ no campo “a” e de 4,99Kg. m⁻¹. h⁻¹ no campo “c” (Figura 8).

Enquanto que nos pontos de coleta mais próximos ao topo do campo de dunas foram encontrados valores maiores, de modo geral, do que os valores coletados no setor mais próximo à base do campo de dunas com valores entre 0,17 e 11,39Kg m⁻¹ h⁻¹ do mesmo modo que o apresentado anteriormente, valores verificados durante o campo “d” (08 de dezembro) são inferiores aos valores verificados nos outros campos devido à velocidade do vento relativa à época do ano, na qual a coleta foi realizada e foram verificados valores entre 0,08 e 1,13Kg. m⁻¹. h⁻¹. Enquanto que durante as demais visitas ao campo os menores valores encontrados foram verificados durante as primeiras coletas de cada trabalho de campo, por volta das 8 às 10 horas com valores variando entre 0,17Kg. m⁻¹. h⁻¹ durante o campo “a”, de 0,53Kg. m⁻¹. h⁻¹ durante o trabalho de campo “b” e de 0,19Kg. m⁻¹. h⁻¹ durante o campo “c” (Figura 8).

Os maiores valores de carga eólica de sedimentos encontrados nesse setor foram verificados durante as terceiras e quartas coletas por volta das 14 e 17 horas, os maiores valores encontrados foram de 11,39Kg. m⁻¹. h⁻¹ durante o campo “a” 4,00Kg. m⁻¹. h⁻¹ durante o trabalho de campo “b” e 1,78Kg. m⁻¹. h⁻¹ durante o campo “c”.

Já no topo do campo de dunas são encontrados valores bem maiores do que os valores verificados na base. Foram encontrados nesse setor valores entre 0,08 e 6,02Kg. m⁻¹.

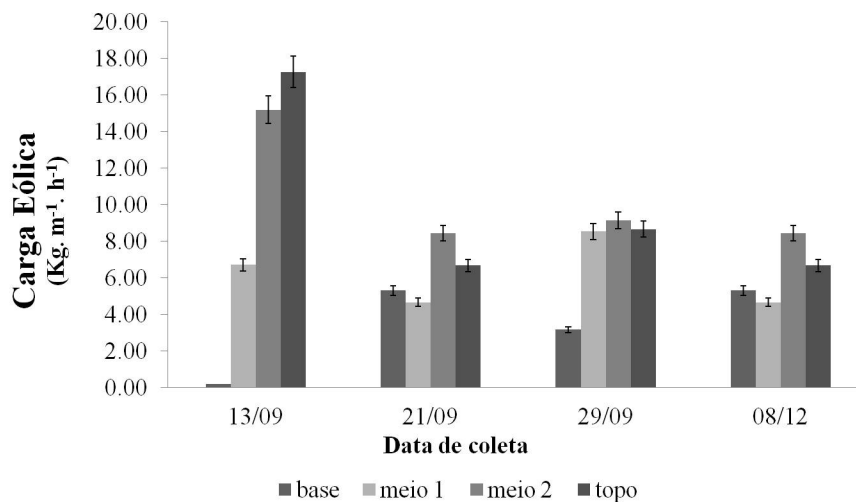


Figura 8. Variação entre a carga eólica em relação à localização da coleta e ao campo (período do ano).

Figure 8. Variation between the wind load according to the location of the collecting point and the field trip (period of the year).

h^{-1} sendo que do mesmo modo que na base do campo de dunas os valores verificados durante o campo “d” (08 de dezembro) são inferiores aos valores verificados nos outros campos devido à velocidade do vento, devido a estação do ano, onde os valores variaram entre 0,08 e 0,52 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$.

Os menores valores foram verificados durante as primeiras coletas dos dias, sendo que estas variaram de 0,08 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$ no campo “d” (08 de dezembro) e 8,02 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$ no campo “a” (13 de setembro), 6,02 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$ no campo “b” (21 de setembro) e 0,08 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$ no campo “c” (29 de setembro) os quais foram coletados entre 8 e 11 horas. Os maiores valores foram verificados nas terceiras e quartas coletas de cada campo entre as 15 e 17 horas, exceto no campo “b”, onde foi possível fazer apenas uma coleta devido à chuva, e foram verificados valores entre 2,31 e 3,87 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$. (Figura 8).

Com isso pode-se dizer que o campo de dunas apresenta um balanço sedimentar negativo, ou seja, a quantidade de sedimento que sai do sistema é maior que a quantidade que entra no sistema.

Além disso, pode-se dizer que carga eólica aumenta da base em direção ao topo do campo de dunas, assim como, o transporte de sedimentos é mais intenso durante o inverno (setembro) do que durante o verão (dezembro).

Com a separação de 25 cm pode-se perceber as variações de granulometria e de fluxo de sedimentos em diferentes alturas. Nos coletores tipo “I” pode-se perceber uma taxa de transporte de sedimentos bem maior do que a verificada nos coletores tipo “S” a qual variou de 0,08 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$ a 8,50 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$ na porção inferior, em um mesmo ponto de coleta durante o mesmo espaço de tempo. Assim como se podem perceber variações na granulometria dos sedimentos coletados nessas diferentes alturas, nos coletores tipo “I” os sedimentos coletados apresentaram menores quantidades de areia fina, quantidades similares de areia grossa e maiores

quantidades de areia média em relação aos coletores com abertura superior.

Sabe-se que a taxa de transporte de sedimentos se modifica em um mesmo ponto ao variar a altura da verificação (Bagnold, 1941), neste trabalho pode-se perceber essa diferença devido à utilização de coletores segmentados para, assim, comparar os valores de carga eólica encontrados no nível da superfície e a 25 cm da mesma. Na literatura internacional existem poucas referências em relação a cálculos de transporte eólico utilizando armadilhas de areia verticais (Pye & Tsoar, 1990; Rosen, 1978; Leatherman, 1978). Onde estas mostram a quantidade de sedimento transportado por toda a extensão da abertura da armadilha. Porém sabe-se que o transporte eólico apresenta variações granulométricas e quantitativas em função da velocidade do vento e da altura do transporte, com isso decidiu-se quantificar essa variação utilizando coletores segmentados.

Ao comparar os valores verificados de carga eólica nos coletores tipo “I” e “S” pode-se perceber que no primeiro os valores são superiores aos do segundo em todos os pontos de coleta nos campos onde esse método foi aplicado. Estes valores variaram entre 0,17 e 8,50 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$ nos coletores tipo “I” durante o campo “a” e entre 0,001 e 1,13 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$ durante o campo “d”. Enquanto que nos coletores tipo “S” foram encontrados valores entre 0,001 e 0,73 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$ durante o campo “a” e entre 0,01 e 0,75 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$ durante o campo “d” (Figura 9). Isso significa que somado a carga de tração a maior parte da carga de saltação (nuvem de saltação) está reduzida aos primeiros 25 cm de altura o que representa quase 80% do total da carga eólica.

4.4. Perfis do campo de dunas

Ao longo do perfil PJ1, o qual possuiu três pontos (J11, J12 e J13 da base para o topo) o fluxo de sedimento do ponto J11, mais próximo da base foi de 0,46 $Kg. m^{-1}. h^{-1}$,

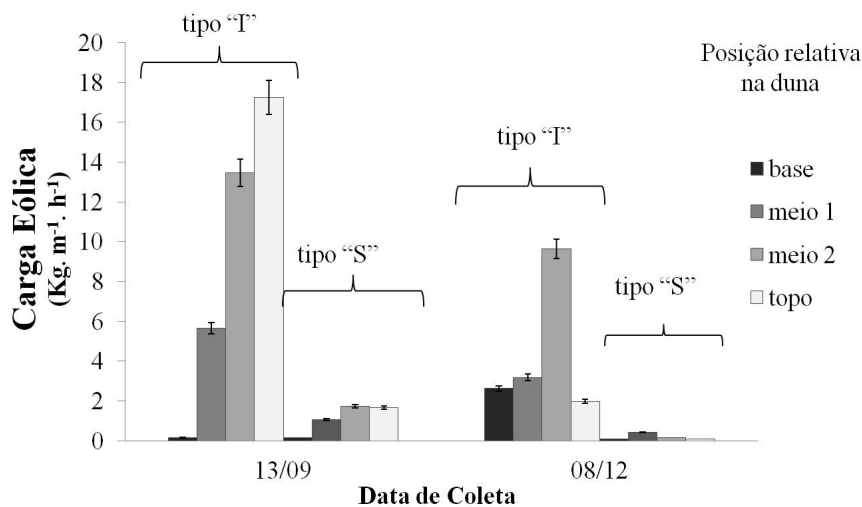


Figura 9. Comparação entre os valores de carga eólica entre os coletores segmentados tipo “I” e “S”.

Figure 9. Comparison between wind load in the type “I” and “S” sand traps.

no ponto J12, no meio do campo de dunas foi de $1,36\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, enquanto que no ponto J13 no topo deste perfil a média do fluxo de sedimento encontrado foi de $2,67\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Figura 10).

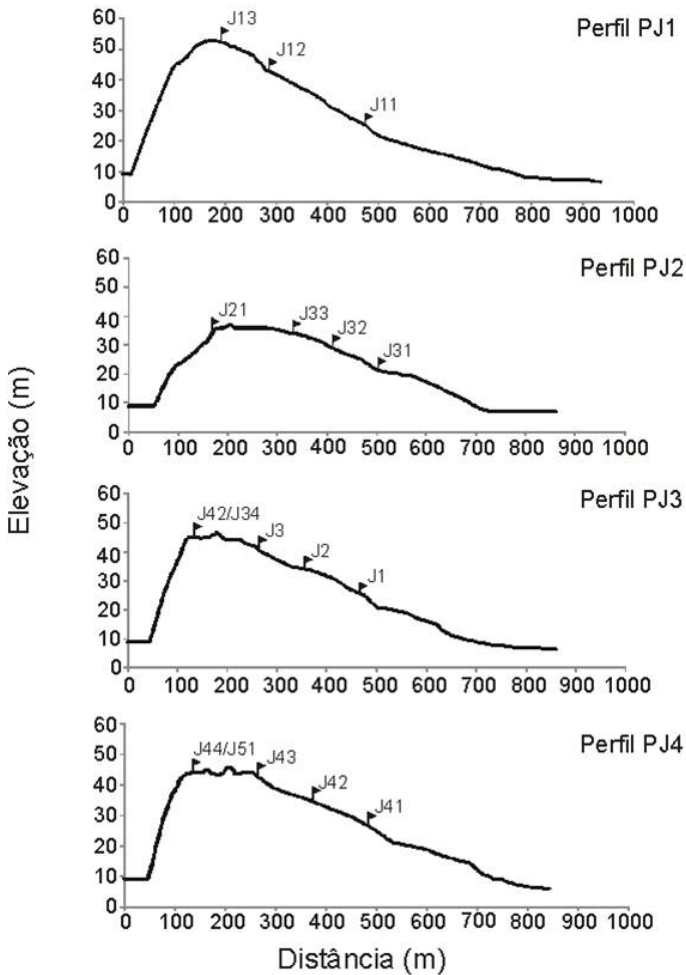


Figura 10. Perfis topográficos longitudinais do campo de dunas com a localização dos coletores.

Figure 10. Longitudinal topographic profiles of the dune field with the location of the collectors.

Assim como ao longo do perfil PJ2, que possuiu quatro pontos (J31, J32, J33 e J21/J41 da base para o topo) a taxa de sedimentação do ponto J31, mais próximo da base foi de $0,82\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, no ponto J32, no meio do perfil do campo de dunas mais próximo a base foi de $1,77\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, assim como no ponto J33, em um ponto no meio desse perfil mais próximo ao topo foi de $0,72\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, e no ponto J21/J41 no topo deste perfil a média do fluxo de sedimento foi de $1,15\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Figura 10).

Do mesmo modo ao longo do perfil PJ3, que possuiu quatro pontos (J1, J2, J3 e J42/J34 da base para o topo do campo de dunas) a taxa de sedimentação do ponto J1, mais próximo da base foi de $0,35\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, no ponto J2 no meio do perfil do campo de dunas mais próximo a base foi de $4,36\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, no ponto J3, em um ponto no

meio desse perfil mais próximo ao topo foi de $2,66\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, e no ponto J42/J34 no topo deste perfil do a média do fluxo de sedimento encontrado foi de $1,08\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Figura 10).

Enquanto que no último perfil, com quatro pontos PJ4 (J41, J42, J43 e J51/J43 da base para o topo do campo de dunas) onde a taxa de sedimentação do ponto J41, mais próximo da base deste perfil foi de $0,36\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, no ponto J42, em um ponto no meio do perfil mais próximo a base foi de $0,37\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, no ponto J43, em um ponto no meio desse perfil do campo de dunas mais próximo ao topo foi de $1,60\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, e no ponto J51/J43 no topo deste perfil a média do fluxo de encontrado foi de $1,60\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Tabela 2).

Tabela 2. Médias da Carga Eólica encontrada em cada ponto dos perfis longitudinais.

Table 2. Wind load average in each point of the longitudinal profiles.

	Perfil J1	Perfil J2	Perfil J3	Perfil J4
Base	0,46	0,82	0,35	0,36
Meio Base	1,36	1,77	4,36	0,37
Meio Topo		0,72	2,66	1,60
Topo	2,67	1,15	1,08	1,60

Foram feitos também perfis topográficos transversais dessa duna coincidentes com os pontos de coleta para que, com isso, fosse possível um melhor entendimento da dinâmica de transporte eólico nessa área. Para isso foram comparados os valores das médias do fluxo de sedimento em cada ponto ao longo desses perfis (Figura 13).

Ao longo do perfil Base, (pontos mais próximos à base), o qual possuiu três pontos (J31, J1 e J41 de Sudeste para Nordeste) o fluxo de sedimento do ponto J31, mais a Sudeste do perfil do campo de dunas foi de $0,62\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, no ponto J1, no meio do perfil do campo de dunas foi de $0,35\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, enquanto que no ponto J41 na porção mais a Nordeste a média do fluxo de sedimento encontrado foi de $0,36\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Figura 11).

Assim como ao longo do perfil Meio Base, que atravessa a porção central do campo de dunas mais próxima à base passa por três pontos (J32, J2 e J42 de Sudeste para Nordeste) o fluxo de sedimento do ponto J32, mais a Sudeste do perfil do campo de dunas foi de $1,77\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, no ponto J2, na porção central do perfil do campo de dunas foi de $4,36\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, enquanto que no ponto J42 na porção mais a Nordeste do perfil a média do fluxo de sedimento encontrado foi de $0,34\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Figura 11).

Do mesmo modo ao longo do perfil Meio Topo, o qual atravessa a porção central do campo de dunas mais próximo ao topo, que passa por três pontos (J33, J3 e J43 de Sudeste para Nordeste) o fluxo de sedimento do ponto J33, mais a Sudeste do perfil do campo de dunas foi de $0,72\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, no ponto J3, na porção central do perfil do campo de

dunas foi de $1,46\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, enquanto que no ponto J43 na porção mais a Nordeste do perfil a média do fluxo de sedimento encontrado foi de $1,60\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Figura 11).

Enquanto que no perfil Topo, o qual atravessa os pontos de coleta localizados no topo do campo de dunas e passa por três pontos (J41/J21, J42/J34 e J43/J51 de Sudeste para Nordeste) o fluxo de sedimento do ponto J41/J21, mais a Sudeste do perfil do campo de dunas foi de $1,95\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, no ponto J42/J34, na porção central do perfil do campo de dunas foi de $1,14\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, enquanto que no ponto J43/J51 na porção mais a Nordeste do perfil a média do fluxo de sedimento encontrado foi de $1,60\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (Figura 11) (Tabela 3).

4.5. Análise Granulométrica

Foram feitas análises granulométricas de 27 (vinte e sete) das 123 (cento e vinte e três) amostras coletadas em campo, estas foram selecionadas de amostras coletadas nos dias 13 (treze) e 29 (vinte e nove) de outubro pela manhã devido às

Tabela 3. Médias da Carga Eólica encontrada em cada ponto dos perfis transversais.

Table 3. Wind load average in each point of the transverse profiles.

	Base	Meio Base	Meio Topo	Topo
Sudoeste	0,62	1,77	0,72	1,95
Centro	0,35	4,36	1,46	1,14
Nordeste	0,36	0,34	1,60	1,60

condições similares nos dois dias. A análise granulométrica foi feita unicamente com o intuito de se caracterizar os grãos que compõem os sedimentos da área estudada, por isto não foi realizada em todas as amostras. Em análise visual com lupa de mão (30x) das amostras coletadas foi percebido que o diâmetro dos grãos não apresentava grandes variações e obedeciam a um padrão, por isso pode-se utilizar pontos pilotos de referência (Figura 04).

Os resultados obtidos mostram que as frações variam entre Areia Muito Grossa (2,0 a 1,00mm) a Areia Muito Fina (0,125 a 0,062mm) e apenas em duas amostras foram encontradas sedimento na fração areia muito grossa (1,4mm) no campo do dia 13 de setembro que representa menos de 1% do total de sedimentos analisados. Nas frações correspondentes à Areia Grossa (1,0 a 0,5mm) obteve-se o percentual aproximado de 10% do total de sedimentos analisados (0,00% a 24,827%). As frações que obtiveram os maiores percentuais foram Areia Média (0,5 a 0,25mm) com cerca de 41% do total de sedimentos analisados (0,074% à 48,041%) e Areia Fina (0,25 a 0,120mm) com pouco mais de 53% do total de sedimento analisado (6,37% a 51,41%). Enquanto que na fração de Areia Muito Fina (0,125 à 0,062mm) obteve-se o percentual de aproximadamente 5% do total de sedimento analisado (0,08% a 15,446%), assim como foram encontrados do total de sedimento analisado (0,019%) de sedimentos com diâmetros menores que 0,062mm (Figura 12a).

Ao se comparar os sedimentos coletados no campo “a” na porção inferior e superior dos coletores, ainda se pode perceber a predominância de Areia Média (0,5 a 0,25mm) com 63,9% nos coletores tipo “I” e 77,0% no tipo “S”. Porém observou se uma maior quantidade de Areia Fina (0,25 a 0,125mm) coletada nos coletores tipo “S” com 23,9% dos sedimentos coletados e 12,9% coletados nos coletores tipo “I” (Figura 12b).

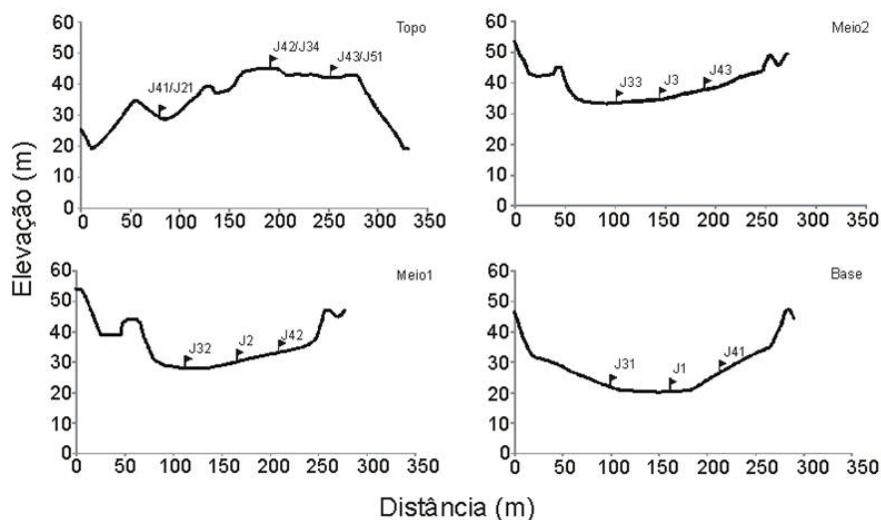


Figura 11. Perfis topográficos transversais do campo de dunas com a localização dos coletores.

Figure 11. Topographic profiles of the transverse dune field with the location of the collectors.

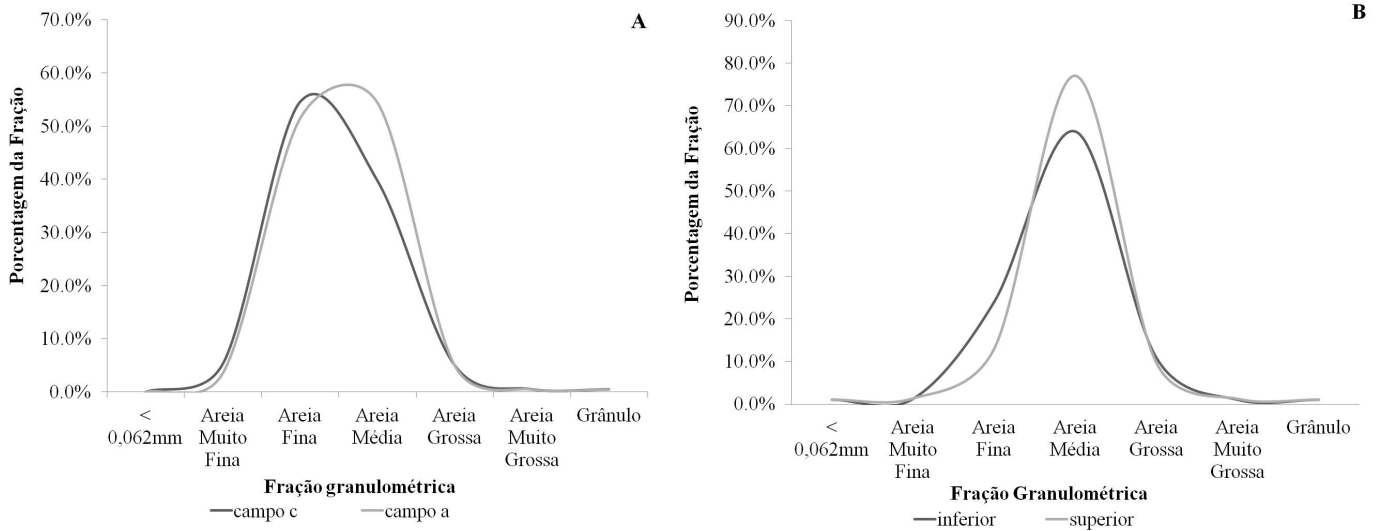


Figura 12. (a) Porcentagem granulométrica obtida em 100g de cada amostra coletada durante os trabalhos de campo dos dias 13 (campo “a”) e 29 (campo “c”) de setembro. (b) Curva média de frequência granulométrica obtida durante o trabalho de campo do dia 13 (campo “a”) que mostra a diferença entre a granulometria dos sedimentos capturados pelos coletores tipo “I” e “S”.

Figure 12. (a) Granulometric percentage in 100g of each sample collected in the field trips of September 13 (campo “a”) and 29 (campo “c”). (b) Average granulometric curve of frequency obtained in the field trips of September 13 (campo “a”) that shows the differences between the granulometry of the sediments collected by the sand traps type “I” and “S”.

4.6. Análise Estatística

Para relacionar os valores de sedimentação com a velocidade do vento foram utilizados os valores de cada um desses atributos em cada trabalho de campo e foram obtidas as médias desses valores. Os resultados foram: velocidade do vento de 6,15m/s e 528,23g de sedimentos coletados, durante o campo “a”; velocidade do vento de 7,93m/s e 2049,54g de sedimentos coletados, durante o campo “b”; velocidade do vento de 8,88m/s e 4153,45g de sedimentos coletados, durante o campo “c”; velocidade do vento de 8,69m/s e 3769,56g de sedimentos coletados, durante o campo “d”. Com base nestes valores foi calculada a regressão linear obtendo-se: ($F_{0,05(1) 1,2} = 32,17165$; $p < 0,05$). Este resultado implica na existência de uma relação significativa entre as variáveis (Tabela 04, Figura 13a).

Da mesma maneira foi feita a relação entre velocidade do vento e o fluxo de sedimentos nos coletores segmentados. Para isso foram agrupados os valores do fluxo de sedimentos verificados nos coletores tipo “I” e “S” durante os trabalhos de campo “a” e “d”, assim com os valores de velocidade do vento verificados nesse mesmo momento. Utilizando esses dados foi feita uma regressão linear simples entre o fluxo de sedimentos dos coletores tipo “I” e as velocidades do vento verificadas e foi encontrada uma relação significativa entre as variáveis ($F_{0,05(1) 1,16} = 0,093287$; $p < 0,05$) (Tabela 05, Figura 13b).

Quando foi executado o mesmo procedimento citado a cima para os coletores tipo “S” a relação entre o fluxo de sedimentos e a velocidade do vento foi considerada não significativa.

Tabela 4. Análise de regressão linear fatorial dos sedimentos coletados em relação à velocidade do vento em todos os trabalhos de campo.

Table 4. Linear regression factorial analysis of the collected sediments in relation to wind speed of all the field trips.

	Grau de Liberdade	Soma Quadrados	Média Quadrados	F	F de significação
Regressão	1	7883705	7883705	32,17165	0,029705
Resíduo	2	490102,6	245051,3		
Total	3	8373807			

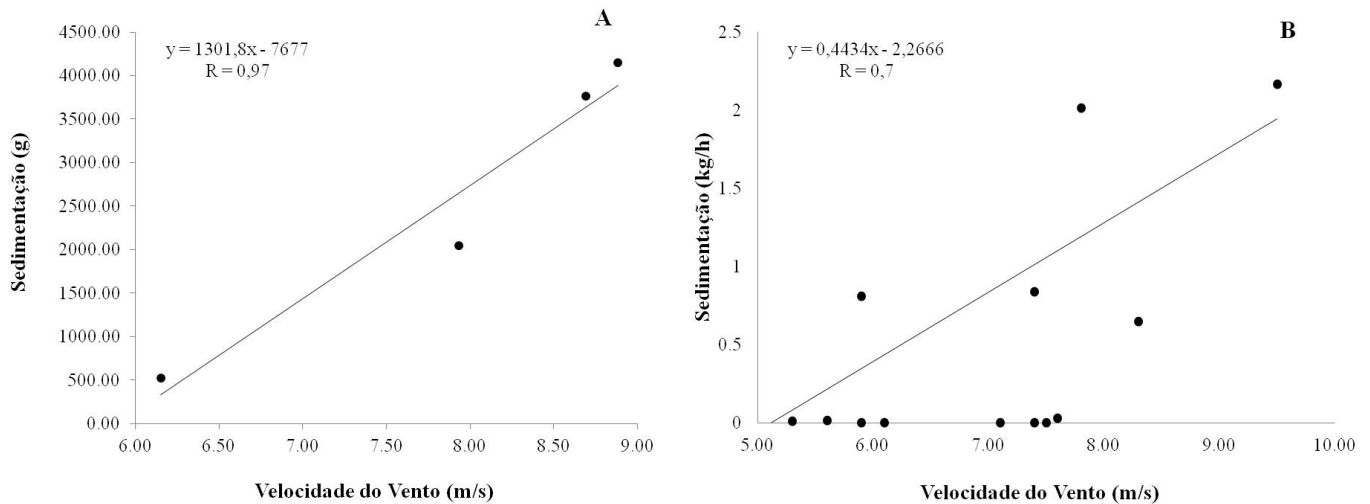


Figura 13. (a) Gráfico representante do modelo final da regressão linear entre velocidade do vento e quantidade de sedimento coletada durante os quatro trabalhos de campo. Onde o Coeficiente de relação (R) mostra como o transporte de sedimento é dependente da velocidade do vento. (b) Gráfico de representação da regressão linear entre velocidade do vento e taxa de sedimentação durante os trabalhos de campo “a” e “d” nos coletores tipo “I”. Onde o Coeficiente de relação (R) mostra como o transporte de sedimento é dependente da velocidade do vento nos primeiros 25 cm do nível da superfície do terreno.

Figure 13. (a) Chart of the final model of linear regression between wind speed and amount of sediment collected during four field studies. Where the correlation coefficient (R) shows how the transport of sediment is dependent on the wind speed. (b) Chart of the model of linear regression between the wind speed and the transport ratio during the field trips (campo “a” and “d”) in the type “I” sand traps. Where the correlation coefficient (R) shows how the transport of sediment is dependent on the wind speed in the first 25cm from the surface level.

Tabela 5. Análise de regressão linear fatorial dos sedimentos coletados em relação a velocidade do vento em todos os trabalhos de campo.

Table 5. Linear regression factorial analysis of the collected sediments in relation to wind speed of all the field trips.

	Grau de Liberdade	Soma Quadrados	Quadrados Médios	F	F de significação
Regressão	1	0,125951	0,125951	0,093287	0,763977
Resíduo	16	21,60229	1,350143		
Total	17	21,72824			

5. DISCUSSÃO

5.1. Mapeamento de Unidades de Paisagem

Foi criado um mapa de Unidades de Paisagem para analisar a paisagem da área de estudo, onde se pode perceber, que a ocupação antrópica nas áreas de bacia de deflação e das dunas móveis são fatores que influenciam a dinâmica do campo de dunas, pois esses obstáculos impedem a passagem de sedimento que alimenta a duna e sem a alimentação a duna tende a se extinguir, além de dificultar a identificação das unidades em produtos de sensores remotos.

A extensão da bacia de deflação não ocupada, na porção em frente às dunas móveis, é formada por restos de dunas

mais antigas aplainadas pela morfodinâmica. A presença de lagoas intermitentes e a vegetação rasteira incipiente indicam um nível freático muito próximo à superfície, que também se caracterizam como obstáculos para movimentação do sedimento. Devido à morfologia do terreno é possível que o transporte de sedimento das dunas móveis esteja em processo de assoreamento da Lagoa de Jenipabu. A espessura das dunas móveis varia em função da espessura das dunas vegetadas posteriores.

5.2. Características do Ar e do Vento Locais

Ao se analisarem os dados coletados tanto na Estação Meteorológica da UFRN entre os anos de 1960 a 2000, como os obtidos em campo, pode-se perceber que o

período com maiores velocidades de vento, e com isso, maior atividade eólica é o mês de setembro e que o mês de dezembro marca o início da diminuição desta atividade eólica, com direções preferenciais SE e SSE. Do mesmo modo que foi percebido por Paiva (2011) na também região de Maracajaú-RN no período entre 2008 e 2010 com as mesmas direções preferenciais.

5.3. Carga Eólica

Com base nos resultados obtidos pode-se montar um modelo da morfodinâmica ao longo do campo de dunas em questão, assim como foi apresentado por Nordstrom, et al. (2006), de modo a comparar o comportamento do transporte eólico nas diferentes partes do campo de dunas e assim inferir razões que expliquem tal comportamento.

Neste trabalho foi verificada ainda uma variação nas medidas de transporte de sedimentos em relação à distância da superfície onde a amostra foi coletada com o auxílio de coletores segmentados modificados de Leatherman (1978) pelos autores. Com isso pôde-se perceber, além da diferença no transporte eólico de sedimentos em relação ao posicionamento na duna, como foi mostrado anteriormente, mas também a diferença no transporte eólico de sedimentos em função da altura em relação à superfície. O transporte é sempre mais intenso próximo à superfície, tal como citou Bagnold (1941).

Os valores de carga eólica maiores que o esperado encontrado no campo "b" ocorreram devido a uma anomalia de velocidade de vento em função da chuva que fez com que as velocidades do vento estivessem mais fortes no momento das coletas, porém essa anomalia pôde ser observada apenas nos pontos mais próximos à base do campo de dunas.

Além das diferenças relativas ao horário da coleta e à presença ou não de chuva, pode-se perceber também que os valores verificados durante o campo "d" (08 de dezembro), ao serem comparados com os valores verificados em horários equivalentes, sempre apresentam valores inferiores aos valores verificados em outras coletas.

Ao analisarem-se com maiores detalhes os dados de carga eólica pode-se perceber a razão das diferenças de fluxo de sedimentos, tanto em relação à posição na duna, quanto à estação do ano em que este foi medido. Verificou-se que em decorrência de alguns fatores tais como, a ocupação humana a barlavento do campo de dunas, que impede o transporte de sedimento, assim como a proximidade do nível freático com a superfície do terreno na bacia de deflação, a entrada de sedimento nesse sistema, vindo da praia é irrelevante em todas as estações do ano.

5.4. Perfis Longitudinais

Ao longo dos perfis longitudinais apresentados pode-se perceber que, de modo geral há um crescimento do fluxo de sedimentos da base para o topo das dunas. Esse aumento ocorre pois na base do campo de dunas a quantidade de sedimento que entra no sistema é irrelevante como já foi dito anteriormente.

Na porção central da área de trabalho os obstáculos que impedem o transporte na base, já não interferem no vento

devido à altura e a quantidade de sedimento disponível para que essa sedimentação seja possível.

Já no topo das dunas a sedimentação é maior de modo geral, devido também à altura e a disponibilidade de sedimentos. As larguras dos corredores de vento estudados, também diminuem próximo ao topo das dunas e com isso aumenta a velocidade do vento nestas áreas. Porém, dois pontos no topo do campo de dunas, J13 e J42/J34 apresentaram valores de o fluxo de sedimentos menores que os valores verificados nos mesmos perfis nos pontos na porção central do campo de dunas, o que pode ser possivelmente devido a esses pontos encontrarem-se próximos a mirantes para turistas e ao estacionamento de *buggys* e grande movimentação.

5.5. Perfis Transversais

No perfil transversal mais próximo a base do campo de dunas encontrou-se uma baixa carga eólica, devido à baixa entrada de sedimento no sistema. Sendo que a maior carga encontrada foi no ponto J1, na porção central do perfil, pois este se apresenta no corredor de vento mais largo, enquanto que o maior valor encontrado foi no ponto J31, mais a sudeste do perfil onde o corredor de vento é mais estreito e o valor intermediário no ponto J41 onde o corredor de vento é mais estreito que o encontrado no ponto J31, porém mais largo que o encontrado no ponto J1.

O perfil transversal Centro-base localizado na porção central do campo de dunas mais próximo à base apresenta a maior carga no ponto J32, mais a sudeste do perfil onde o corredor de vento é mais estreito, enquanto que na porção central do perfil foi encontrado o valor mais baixo verificado nesse perfil, pois apresenta o corredor de vento mais largo e o valor intermediário foi encontrado no ponto J42, onde o corredor de vento é mais estreito que no ponto J32, porém mais largo que no ponto J2.

Já no perfil transversal Centro-topo na porção central do campo de dunas mais próximo ao topo, a maior carga encontrada foi no ponto J3, no meio do perfil, onde o corredor de vento é mais largo, a carga mais baixa encontrada nesse perfil foi no ponto J33 localizado mais a sudeste do perfil, onde o corredor de vento é o mais estreito, enquanto que a menor carga eólica foi verificada no ponto J43 localizado na porção mais a nordeste do perfil, onde o corredor de vento é mais estreito que o do ponto central, porém mais largo que o do ponto mais a sudeste do perfil. Esta diferente disposição das cargas nesse perfil pode ser explicado possivelmente pelo grande tráfego de *buggys* na área.

No perfil transversal que corta o topo do campo de dunas a maior carga encontrada foi no ponto J42/J34, no meio do perfil, que neste caso se encontra no ponto mais alto do perfil, a carga mais baixa encontrada foi no ponto J41/J21 que se encontra no ponto mais a sudeste do perfil e se encontra em um corredor de vento isolado dos outros pontos desse perfil e a carga eólica mais baixa desse perfil foi encontrada no ponto J43/J51, no ponto mais a nordeste. Esse perfil foi diferente dos demais, pois os pontos encontram-se em diferentes corredores de vento

devido à presença de áreas vegetadas o que impossibilita a correlação entre os pontos desse perfil (Nordstrom et al., 2006; Nordstrom et al., 2011; Conaway & Wells, 2005).

5.6. Análise Granulométrica

Em sedimentos dunares predomina areia média, mas pode-se encontrar desde areia muito grossa a muito fina em menores proporções. Nas dunas de Maracajaú-RN foram verificados sedimentos principalmente entre areia grossa (60 à 80%) e areia média (20 à 80%) de acordo com Paiva (2011). Nas dunas de Natal-RN a predominância é de areia fina a média (Silva, 2002). Assim como nas dunas de Jenipabu, foco desse estudo, na altura da superfície a predominância dos sedimentos encontrados também foi de areia fina a média, porém ao se comparar a granulação dos sedimentos coletados nos coletores tipo “I” e “S” percebe-se que nos coletores tipo “I” diminui a porcentagem de areia fina e aumenta a porcentagem de areia média em relação aos coletores tipo “S”.

Estes resultados confirmam a relação de queda de grãos em f (tamanho do grão), as classes de grãos areias finas e muito finas perfazem percentuais maiores no coletor do tipo “S”.

Assim como foram descritos por Paiva (2011) em Maracajaú, no município de Maxaranguape; Silva (2002) no município de Natal; e por Nogueira *et al.* (1985) entre Natal e Graçandu os sedimentos encontrados nas dunas foram principalmente areia fina a média, o que caracteriza um padrão no sedimento dunar no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte.

5.7. Análise Estatística

A diferença na carga eólica em campos distintos pode ser explicada pela relação que esta apresenta com a velocidade do vento, assim como Conaway & Wells (2005) estudaram essa relação, ao relacionar a velocidade do vento com a sedimentação, percebeu-se que a sedimentação aumenta com o aumento da velocidade do vento na área de estudo, comparando-se as médias de sedimentos coletados em gramas de cada campo com a média de velocidade do vento em metros por segundo também em cada campo.

Foi comparada também a relação entre a velocidade do vento em relação à sedimentação para os coletores segmentados onde se percebeu que a relação entre velocidade do vento e a sedimentação é significativa nos coletores tipo “I”, porém essa mesma relação nos coletores tipo “S” não apresenta significação estatística.

CONCLUSÕES

Ao analisar o mapa de Unidades de Paisagem da área de estudo pôde-se perceber que devido ao movimento natural das dunas é possível que estas estejam a assorear a lagoa de Jenipabu. Assim como a ocupação humana que fecha os corredores de vento em algumas porções, o nível freático que aumenta umidade nos grão de areia e dificulta o transporte desses pelo vento, formando uma barreira para que o sedimento da praia chegue o campo de dunas e sem a entrada de sedimentos novos ao sistema, fazem com que o campo de dunas se encontre em processo de aplainamento.

A espessura da duna móvel está relacionada à espessura da barreira formada pelas dunas vegetadas.

Com a utilização de coletores segmentados foi possível perceber a diferença do transporte em relação à altura do ponto de coleta e com isso se pode concluir que o transporte de sedimentos é mais intenso mais próximo a superfície onde foram encontradas carga eólica de até quase 10Kg. $m^{-1} \cdot h^{-1}$, enquanto que a 25cm de distância o máximo encontrado foi menor que 3Kg. $m^{-1} \cdot h^{-1}$, uma diferença de 30%.

Por isso sugere-se que em trabalhos desta natureza a utilização de coletores com o maior número de aberturas possível em diferentes alturas como foi utilizado por Cunha (2005).

Na Análise Granulométrica os sedimentos encontrados são compostos principalmente por grãos quartzosos, bimodal. Em sua maioria formada por areia fina a média em todos os tipos de coletores, porém com maiores concentrações de areia média nos coletores tipo “I” e maiores concentrações de areia fina nos coletores tipo “S”.

O transporte eólico na base da duna é desprezível, ou seja, não há quantidade significativa de sedimento entrando no sistema. Tal fato é devido à presença de construções entre a praia e a duna (fator antrópico), a existência de uma cobertura vegetal rasteira na planície de deflação e ao fato do nível do lençol freático ser muito próximo à superfície e, por vezes, até aflorar. Estes fatores agem não só diminuindo a velocidade dos ventos que transportam os sedimentos, como barrando fisicamente este transporte.

O transporte eólico é mais intenso no topo da duna, onde são verificadas as maiores velocidades do vento. Os passeios de *buggy* influenciam a dinâmica da duna durante o período de atividade destes, porém para quantificar essa influência será necessário maior número de trabalhos de campo específicos para esta finalidade.

A quantidade de sedimentos coletados nas armadilhas aumenta à medida que aumenta a velocidade do vento em todos os trabalhos de campo no nível da superfície. Ao afastar-se da superfície a quantidade de sedimento em suspensão diminui, pois quanto mais distante da superfície é necessário o aumento exponencial da velocidade para transportar a mesma quantidade de sedimento.

Com relação à topografia nas bordas dos perfis transversais, onde há o afunilamento do vento pela presença de obstáculos (superfícies vegetadas) há um maior transporte em relação aos pontos dos perfis onde não são encontrados obstáculos próximos.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa de Mestrado, ao Laboratório de Sedimentologia Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pelo suporte durante a análises dos sedimentos coletados ao longo do trabalho, ao Laboratório de Estudos Geoambientais (LEGEO) do Departamento de Geologia da UFRN, onde foi realizado o estudo, ao Programa de Pós-Graduação de Geodinâmica e Geofísica (PPGG), pela confiança e por todo apoio acadêmico; ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN (IDEMA) pela cessão das fotografias aéreas originais e ortoretificadas.

BIBLIOGRAFIA

- Andrade, M.C. (1967) - Condições naturais do Nordeste. *Boletim Geográfico do IBGE* (ISSN: 0034-723X), 196(26):3-29, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/boletimgeografico/Boletim%20Geografico%201967%20v26%20n196.pdf>.
- Ayres, M.; Ayres-Jr, M.; Ayres, D.L.; Santos, A.A.S. (2007) - *Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas (BioEstat 5.0)*. 5ª edição, 324p., Belém, PA: Belém: MCTI; IDSM; CNPq, Brasil. ISBN:85-85924-10-1. Disponível em: <ftp://200.195.42.32/%23externo/%23Programas-app2/ICBS/BioEstat%C3%ADstica%205.0/BioEstat%205/program%20files/BioEstat%205.0/BioHelp.pdf>
- Bagnold, R.A. (1941) - *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*. 265 p., Chapman and Hall, London. ISBN: 978-0486439310.
- Conaway, C.A.; Wells, J.T. (2005) - Aeolian Dynamics along scraped shorelines, Bogue Banks, North Carolina. *Journal of Coastal Research*, 21:242-254. DOI: 10.2112/01-089.1
- Cunha, E.M.S. (2005) - Considerações gerais sobre a zona costeira. Capítulo 3, 29p. Disponível em: http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1432/3.CONSIDER_GERAIS_ZONA_COSTERA.pdf?sequence=4.
- Figueiredo, L.H.; Carvalho, P.C.P. (1991) - Introdução à Geometria Computacional, 18º Colóquio Brasileiro de Matemática, Instituto de Matemática Pura e Aplicada. 111p. Disponível em: http://www.impa.br/opencms/pt/biblioteca/cbm/18CBM/18_CBM_91_06.pdf
- Fowler, R.J.; Little, J.J. (1979) - Automatic Extraction of Irregular Network Digital Terrain models. *ACM Computer Graphics*. 13(2):199-207. DOI: 10.1145/965103.807444.
- Goldsmith, V. (1978) - Coastal dunes. In: Davis, R. A. (org.), *Coastal sedimentary environments*, pp.171-235, Springer-Verlag, New York, USA. ISBN: 0387903003.
- Guerra, A.J.T.; Marçal, M.S. (2006) - *Geomorfologia Ambiental*. 192p., Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 8528611922.
- Illeberger, W.K.; Rust, I.C. (1986) - Venturi-compensated eolian sand trap for field use. *Journal of Sedimentary Petrology* (ISSN: 0022-4472), 56(4):541-543.
- Lapponi, J.C. (1997) - *Estatística usando Excel 5 e 7*. 469p., Lapponi Treinamento e Editora São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8535215743.
- Leatherman, S.P. (1978) - A new aeolian sand trap design. *Sedimentology*, 25: 303-306. DOI: 10.1111/j.1365-3091.1978.tb00315.x.
- Muehe, D. (org.) (2006) - *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. 476p., Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8577380289. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_publicacao/78_publicacao12122008084856.pdf
- Nimer, E. (1972) - Climatologia da região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* (ISSN: 0034-723X), 34(1):3-38. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/RBG/RBG%201972%20v34_n1.pdf
- Nogueira, A.M.B.; Nascimento, J.M.S.; Lima, M.S.; Oliveira, M.I.M.; Srivastava, N.K. (1985) - Geologia da Faixa Oriental entre Graçandu e Maxaranguape-RN. *Boletim do Departamento de Geologia* (ISSN: 0101-5400), 9:25-30, UFRN, Natal, Brasil.
- Nordstrom, K.F.; Jackson, N.L.; Klein, A.H.F.; Sherman, D.J.; Hesp, P.A. (2006) - Offshore transport of sediment across a low foredune on a developed barrier island, Ocean City, New Jersey, USA. *Journal of Coastal Research*, 22(5):1260-1267. DOI: 10.2112/06A-0008.1.
- Nordstrom, K.F.; Jackson, N.L.; Korotky, K.H. (2011) - Aeolian Sediment Transport Across Beach Wrack. West Palm Beach, Florida, USA. *Journal of Coastal Research*, SI59:211-217. DOI: 10.2112/SI59-022.1.
- Nordstrom, K.F.; Psuty, N.P.; Carter, R.W.G. (eds.) (1990) - *Coastal Dunes: Form and Process*. 392p., Wiley and Sons, New York, USA. ISBN: 0471918423.
- Paiva, H.P. (2011) - *Morfodinâmica de um Campo de Dunas Eólicas Costeiras no Município de Maxaranguape – Natal, RN*. 90p., Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Geologia, Natal, RN, Brasil. *Não publicado*.
- Pye, K.; Tsoar, H. (1990) - *Aeolian sand and sand dunes*. 396p., Unrewin Hyman Limited, London. ISBN: 004551125X.
- Rosen, P.S. (1978) - *An efficient, low cost, aeolian sampling system*. Geological Survey of Canadá, Paper 78-1A:531-532. Disponível em: http://nuweb9.neu.edu/ees/wp-content/uploads/peter_rosen_pdfs/23_aeolian.pdf
- Ross, J.L.S. (1992) - O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxionomia do Relevo. *Revista do Departamento de Geografia da USP*. 6:17-29. DOI: 10.7154/RDG.1992.0006.0002.
- Silva, E.A.J. (2002) - *As Dunas Eólicas de Natal/RN: Datação e Evolução*. 127p., Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Norte - Departamento de Geologia, Natal, RN, Brasil. *Não publicado*.
- Tinoco, L.B.M. (Ed) (2009) - *Relatório Ambiental Simplificado para instalação do Estádio Arena das Dunas e áreas de estacionamento – Natal Copa 2014*. Estudo prévio de impacto ambiental apresentado a SEMURB/PMN. Natal (RN). *Não publicado*.