

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS ATUANTES NA MIGRAÇÃO DOS CAMPOS DE DUNAS MÓVEIS SETENTRIONAIS DA PLANÍCIE COSTEIRA DE PARACURU, CEARÁ, BRASIL

*EVALUATION OF THE METEOROLOGICAL PARAMETERS INVOLVED IN THE MIGRATION
OF THE NORTHERN MOBILE DUNE FIELDS OF THE COASTAL PLAIN OF PARACURU,
CEARÁ, BRAZIL*

**Mailton Nogueira da ROCHA¹, Lidriana de Souza PINHEIRO²,
Jader Onofre de MORAIS³**

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Av. José de Freitas Queiroz, 5.000, Quixadá - CE.
E-mail: mailton.rocha@ifce.edu.br

²Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR). Av. da Abolição, 3.207 - Meireles, Fortaleza - CE.
E-mail: lidriana@ufc.br

³Universidade Estadual do Ceará. Av. Doutor Silas Munguba, 1.700 - Itaperi, Fortaleza - CE. E-mail: jaderonofre@gmail.com

Introdução
Materiais e Métodos
Medição dos Parâmetros Meteorológicos
Variações Fisiográficas e Migração Anual
Resultados e Discussões
Distribuição Mensal da Velocidade Média dos Ventos
Histograma de Frequência Acumulada
Perfil Diurno das Séries de Vento
Incidência e Dispersão de Ventos por Quadrante
Distribuição do Volume de Chuva Precipitado no Ano de 2015
Velocidade de Migração dos Depósitos Eólicos em 2015
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - As dunas costeiras são depósitos geológicos recentes compostos por sedimentos continentais acumulados por ação de processos marinhos e eólicos. O presente trabalho buscou analisar os parâmetros de vento e precipitação atuantes em Paracuru no ano de 2015, bem como calcular a velocidade de migração dos campos de dunas presentes na porção setentrional da costa. Os dados eólicos foram obtidos na Usina Eólica de Paracuru/CPFL e processados pelo software Windographer 4.0. A velocidade média anual de migração foi determinada através dos caminhamentos mapeados por GPS na duna do Pico Alto, entre janeiro e dezembro de 2015. A estação chuvosa se concentrou no primeiro semestre do ano, principalmente entre os meses de fevereiro a maio (acumulando 70% da precipitação total). Os ventos atuantes em 2015 tiveram média anual de 12,5 m/s, com os picos de velocidade se concentrando no final da manhã e início da tarde. No primeiro semestre, a frequência acumulada indicou velocidades médias entre 8-12 m/s, com ventos incidentes de ESE, SE e SSE. No segundo semestre, os ventos tornaram-se mais fortes, com incidência predominante de NE, ENE e frequência acumulada entre 12-15 m/s. Os caminhamentos realizados evidenciaram que as dunas da área apresentaram velocidade de migração de 30 m/ano.

Palavras-chave: Dunas costeiras. Parâmetros de vento. Precipitação. Velocidade de migração.

ABSTRACT - Coastal dunes are recent geological deposits composed of continental sediments accumulated by the action of marine and wind processes. The present study aimed to analyze the parameters of wind and precipitation in Paracuru in the year 2015, besides to calculate the migration velocity of the dunefields present in the northern portion of the coast. Wind data were obtained from the Usina Eólica de Paracuru/CPFL and processed by Windographer 4.0 software. The average annual migration velocity was determined through the GPS-mapped tracks on the Pico Alto dune between January and December 2015. The rainy season was concentrated in the first half of the year, mainly between February and May (accumulating 70% of total precipitation). The active winds in 2015 had an annual average of 12.5 m/s, with speed peaks concentrating in the late morning and early afternoon. In the first semester, the accumulated frequency indicated average speeds between 8-12 m/s, with incident winds of ESE, SE and SSE. In the second semester, the winds became stronger, with predominant incidence of NE, ENE and cumulative frequency between 12-15 m/s. The realized tracks evidenced that the dunes of the area presented a migration speed of 30 m/year.

Keywords: Coastal dunes. Wind parameters. Precipitation. Migration speed.

INTRODUÇÃO

As dunas costeiras são depósitos geológicos recentes compostos por sedimentos de origem continental que foram depositados no litoral por ação dos processos marinhos em combinação com os processos eólicos, destacam Hesp (2000) e Morais (2000).

A gênese e evolução desses depósitos estão associadas às flutuações no nível do mar, à largura da praia, ao padrão de ventos atuantes e à topografia da superfície litorânea sobre a qual se

desenvolve o sistema eólico (Seoane, 2007; Pye, 1983).

Castro & Ramos (2006) ressaltam que os litorais semiáridos, como no caso da porção setentrional do nordeste brasileiro, estão mais propícios para o desenvolvimento de extensos campos de dunas, em virtude da predominância de ventos fortes, elevados índices de radiação solar e ausência de chuva na maior parte do ano.

O litoral do Estado do Ceará possui extensão aproximada de 573 km e abriga vastos campos de dunas distribuídos por praticamente toda a faixa costeira.

Estes depósitos eólicos se dispõem com tamanhos variados, de acordo com a configuração da linha de costa, e são classificados quanto sua geração, dinâmica e forma (Souza, 2000).

A planície costeira do município de Paracuru está localizada no litoral Oeste do Estado do Ceará, a aproximadamente 90 km de Fortaleza e entre as Coordenadas Geográficas 03° 24' 36" S e 39° 01' 50" O (figura 1).

Paracuru possui cerca de 20 km de litoral com expressivos campos de dunas móveis, cuja atuação dos parâmetros meteorológicos condiciona grandes valores de migração sedimentar.

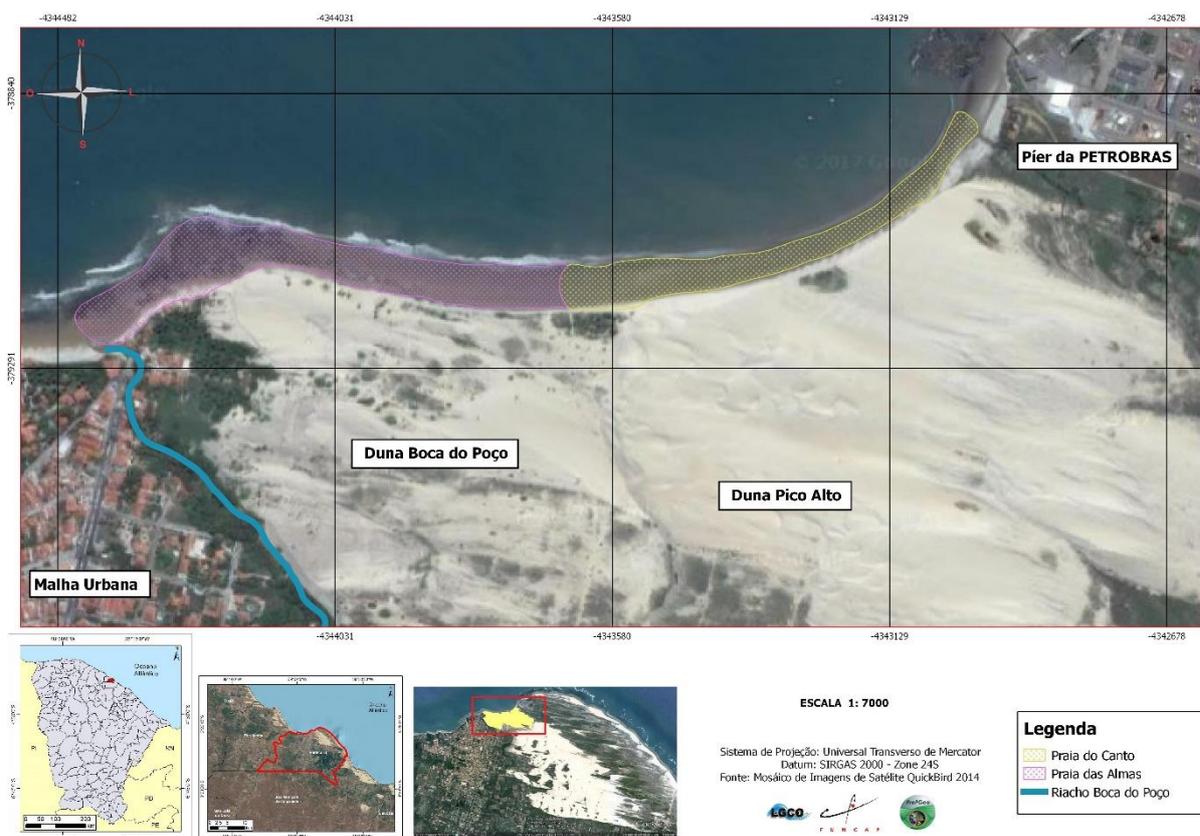


Figura 1 - Mapa de localização dos depósitos eólicos setentrionais da planície costeira de Paracuru.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho é analisar os parâmetros meteorológicos de vento e precipitação atuantes na planície litorânea de Paracuru no ano de 2015, bem como calcular a velocidade de migração dos campos de dunas presentes na porção setentrional da costa.

A escolha da área de estudo se justifica pelo fato migração das dunas estarem soterrando estruturas e equipamentos urbanos, ecossistemas e áreas residenciais.

Os ventos e as chuvas são os condicionantes meteorológicos que atuam com mais ênfase no transporte eólico, destaca Goldsmith (1978). O comportamento destes parâmetros varia sazonalmente ao longo do ano nas áreas de clima

semiárido.

De acordo com a Funceme (2002), os principais sistemas atmosféricos responsáveis pelas precipitações no Estado do Ceará são os mesmos atuantes na chamada Região Semiárida do Nordeste do Brasil (NEB). Sendo eles: Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS); Frentes Frias (FF); a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); as Linhas de Instabilidade (LI) e Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL). Estes sistemas podem atuar de forma isolada ou em conjunto na produção de chuva no Ceará. É possível também observar precipitações associadas a fenômenos meteorológicos que ocorrem em mesoescala.

A ZCIT sozinha é responsável por mais de 30% das chuvas geradas no Estado e atua com mais ênfase no primeiro semestre do ano, principalmente nos meses de março e abril (Alves & Diniz, 1991).

Neste período, a ZCIT migra para o hemisfério Sul do planeta (durante o verão austral) trazendo consigo umidade e temperaturas mais baixas. No segundo semestre do ano, esse sistema atmosférico se desloca para o hemisfério Norte da Terra, provocando diminuição de precipitação e aumento gradativo da temperatura no Sul.

Vale ressaltar que as condições meteorológicas impostas pela ZCIT sofrem influências durante os anos de atuação fenômeno

El Niño Oscilação Sul (ENOS). No Nordeste brasileiro, mais precisamente no semiárido, o ENOS é responsável pela redução das chuvas e prolongamento da estiagem, principalmente na sub-região que compreende parte dos estados do Piauí e Ceará (Fernandez & Muehe, 2006; Nimer, 1989; Alves & Rapelli, 1992).

Em relação ao regime de ventos atuantes no Ceará, estes assumem um caráter mais forte durante o segundo semestre (quando se observa menor atuação dos sistemas atmosféricos causadores de chuva), ao passo que diminuem progressivamente sua intensidade nos meses iniciais do ano seguinte, quando se inicia a pré-estação chuvosa (Fonzar, 1994; Maia, 1998; De Maria et al., 2008; Lima et al., 2010).

MATERIAIS E MÉTODOS

Medição dos Parâmetros Meteorológicos

Os dados de ventos apresentados foram obtidos através do monitoramento feito pela Usina Eólica de Paracuru/CPFL, localizada a 8 km da área de estudo.

O intervalo de cada coleta foi de 1 hora, entre o dia 01/01 ao dia 31/12 do ano de 2015.

O processamento e tratamento dos dados eólicos foram realizados através do software *Windographer 4.0*, que fornece informações sobre a distribuição mensal da velocidade média dos ventos; o histograma de frequência acumulada; o perfil diurno das séries eólicas e a incidência e dispersão de ventos por quadrante.

Os dados de precipitação foram obtidos através de um pluviômetro convencional instalado numa propriedade rural localizada a 7 km da área de estudo.

As coletas foram feitas diariamente e registradas em planilhas digitais.

Variações Fisiográficas e Migração Anual

A velocidade média anual de avanço das dunas foi obtida através do uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Foram realizados caminhamentos no sopé da duna do Pico Alto entre janeiro e dezembro de 2015, a partir dos quais foram gerados vetores de bordejo indicando a posição mensal de deslocamento.

As variações fisiográficas mapeadas pelo GPS foram processadas por softwares da plataforma SIG, gerando *overlay* que permitiu fazer comparações evolutivas de migração, conforme proposto por Perillo et al. (1999), Pinheiro et al. (2006), Angulo et al. (2006) e Rocha et al. (2011).

O vetor base do *overlay* foi gerado sobre uma imagem de satélite QuickBird datada de setembro de 2014. Para as coordenadas, adotou-se o sistema de referência datum geodésico SIRGAS 2000 e o sistema de projeção Universal Transverso de Mercator – UTM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição Mensal da Velocidade Média dos Ventos

A figura 2 exibe as velocidades médias dos ventos atuantes em Paracuru no ano de 2015, distribuídas ao longo dos meses. É possível observar que os ventos apresentaram comportamento mais forte a partir do segundo semestre, no qual as velocidades atingiram valores médios superiores a 12 m/s. O pico dos ventos mais fortes se concentrou nos meses de setembro e outubro, ultrapassando a média dos 14 m/s. A planilha eólica do mês de outubro registrou rajadas no período da tarde com ventos

de 20,6 m/s (aproximadamente 74 km/h).

Os valores mais baixos de velocidade se concentraram no primeiro semestre do ano, principalmente entre março e abril, apresentando médias eólicas menores que 8 m/s. Isto coincidiu com o período de atuação das massas de ar responsáveis pela quadra chuvosa do Estado do Ceará. Os ventos diminuíram progressivamente de intensidade, porém assumiram velocidades mais fortes a partir de maio devido à diminuição dos sistemas atmosféricos atuantes.

Ainda segundo o gráfico 01, é possível inferir que há uma tendência de queda na média dos

ventos a partir do final de novembro, estando atribuída à pré-estação chuvosa do Estado (com

a entrada dos Vórtices Ciclônicos de Ar Superior, por exemplo).

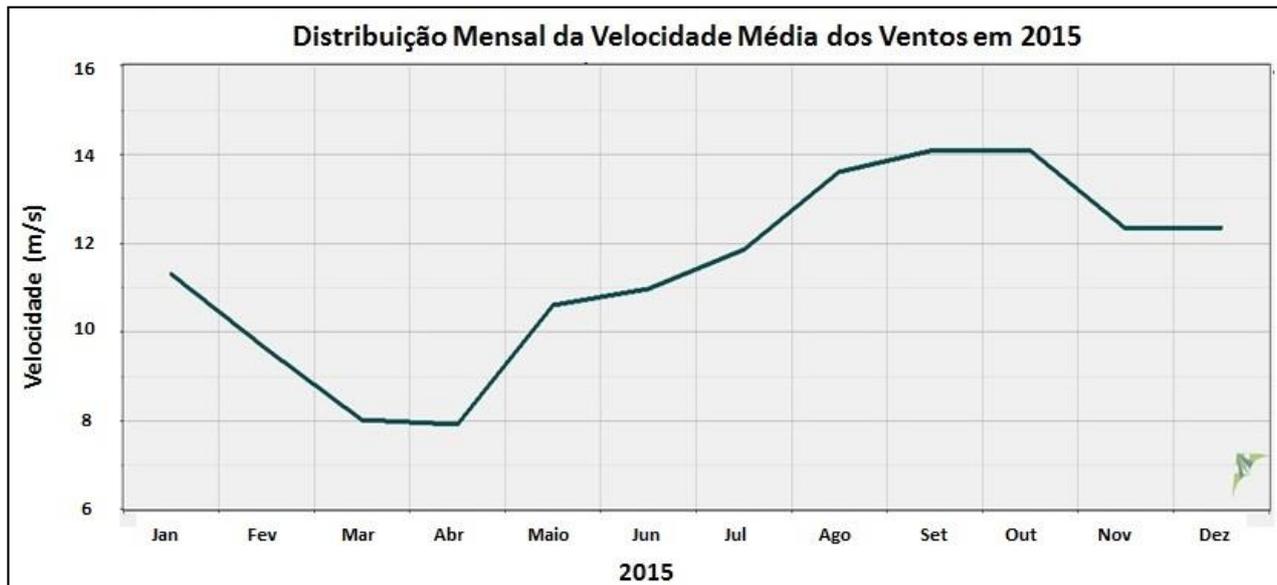


Figura 2 - Velocidade média dos ventos atuantes na planície costeira do município de Paracuru.

Histograma de Frequência Acumulada

Em relação à distribuição da frequência acumulada, foram utilizados modelos probabilísticos que reproduziram estatisticamente os dados de vento de maneira compacta. Estes modelos utilizam a função de probabilidade contínua de distribuição de Weibull, que é dada pelos parâmetros de distribuição c (velocidade média) e k (desvio padrão), ambos processados no programa *Windographer 4.0*.

A tabela 1 correlaciona a distribuição da velocidade média dos ventos, a frequência acumulada mensal e o desvio padrão. Foi

possível observar que as frequências acumuladas de vento apontaram para valores médios mais baixos no primeiro semestre do ano (entre 8 – 12 m/s). Em relação ao segundo semestre, as frequências acumuladas assinalaram velocidades médias entre 12 – 15 m/s, ratificando o comportamento mais forte.

A figura 3 mostra a relação entre a frequência acumulada dos ventos e a distribuição média da velocidade durante o ano de 2015, através da função de probabilidade contínua de distribuição de Weibull. Segundo o histograma, a frequência de 6,5% indicou que os ventos apresentaram média anual de 12,5 m/s.

Tabela 1 - Distribuição mensal da velocidade média, frequência acumulada e desvio padrão dos ventos atuantes em 2015. Fonte: autores (2017).

Mês	Velocidade Média	Frequência Acumulada	Desvio Padrão
Janeiro	12 m/s	11%	7,27
Fevereiro	10,6 m/s	5,5%	4,23
Março	9 m/s	6%	2,77
Abril	8,8 m/s	7%	3,2
Maio	11,38 m/s	5%	6,2
Junho	11,81 m/s	9%	5,78
Julho	12,75 m/s	8,5%	5,92
Agosto	14,44 m/s	5%	7,77
Setembro	14,82 m/s	6%	9,41
Outubro	15 m/s	4,5%	7,31
Novembro	13,7 m/s	4,5%	6,6
Dezembro	13,2 m/s	5%	7

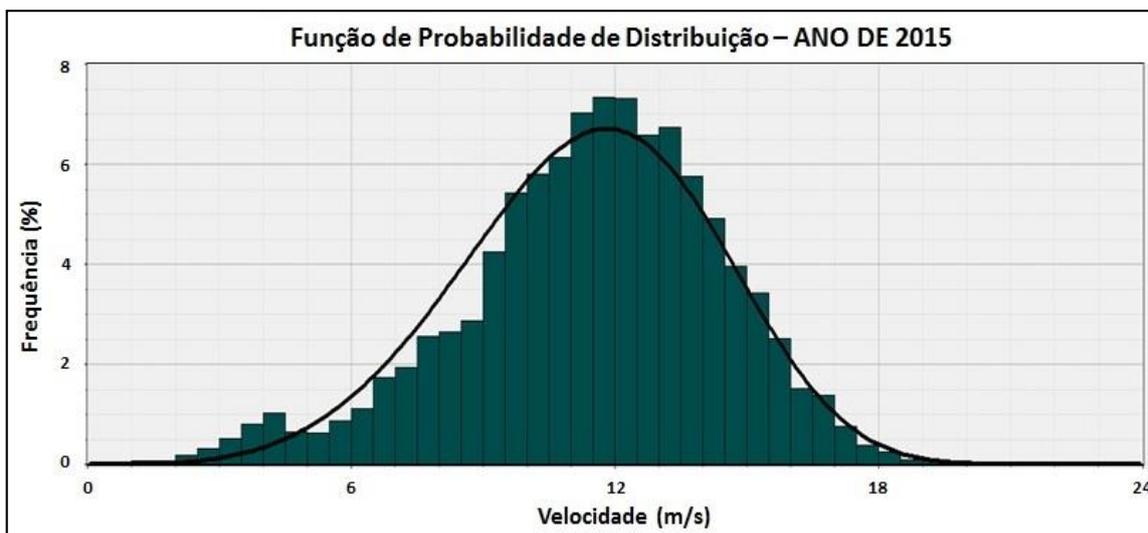


Figura 3 - Gráfico de frequência acumulada no ano de 2015.

Perfil Diurno das Séries de Vento

O perfil diurno das séries eólicas mostra a relação entre a velocidade média dos ventos e sua distribuição ao longo do dia, ou seja, indica os horários de atuação dos ventos mais fracos e mais fortes. A figura 4 mostra os perfis diurnos mensais dos ventos atuantes no ano de 2015. Os gráficos elencam que os ventos atuaram com

mais força no final da manhã e início da tarde, nos horários compreendidos entre 11h:00min e 15h:00min. Em contrapartida, os ventos se apresentaram mais fracos no início da noite (entre 18h:00min e 20h:00min) e nas primeiras horas da alvorada (06h:00min às 08h:00min). Os meses de março e abril apresentaram as cotas diurnas mais baixas no ano de 2015.

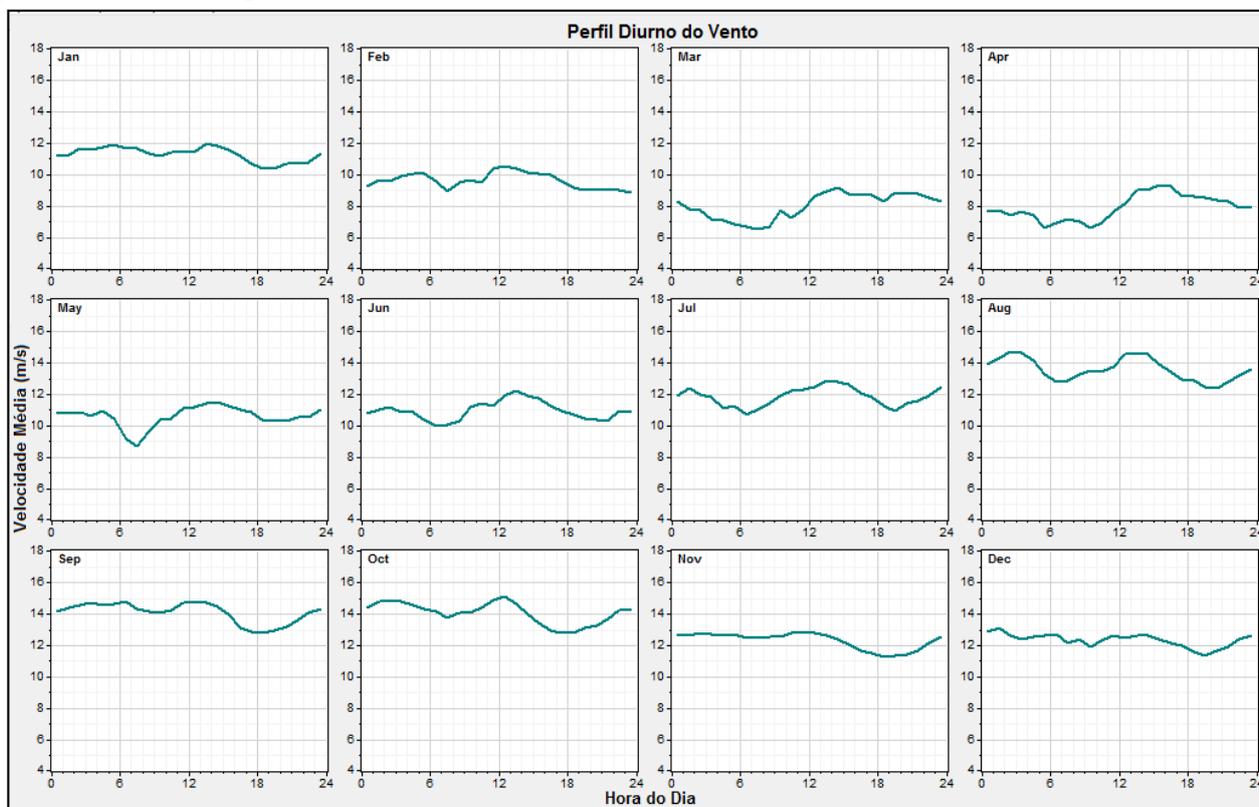


Figura 4 - Perfis diurnos mensais dos ventos atuantes no ano de 2015.

Incidência e Dispersão de Ventos por Quadrante

A incidência por quadrante indicou as direções de entrada dos ventos na área, no qual os rumos foram representados pelas medidas (em

graus) dos quadrantes da circunferência.

Por sua vez, a dispersão por quadrante mostrou a relação entre as direções predominantes de entrada dos ventos e seu grau de velocidade. Ou seja, indicam a direção de

incidência das rajadas mais fortes.

A figura 5 mostra a direção dos ventos incidentes por quadrante e o gráfico de dispersão anual. Ao analisar a incidência, foi possível observar que os ventos atuantes em 2015 foram oriundos dos quadrantes 1 e 2. Entretanto, as

direções predominantes de incidência foram de NE e ENE (quadrante 1). O gráfico de dispersão dos ventos apontou para fortes rajadas predominantes entre 45° e 70° (NE e ENE), com velocidade média máxima superior a 20 m/s em outubro.

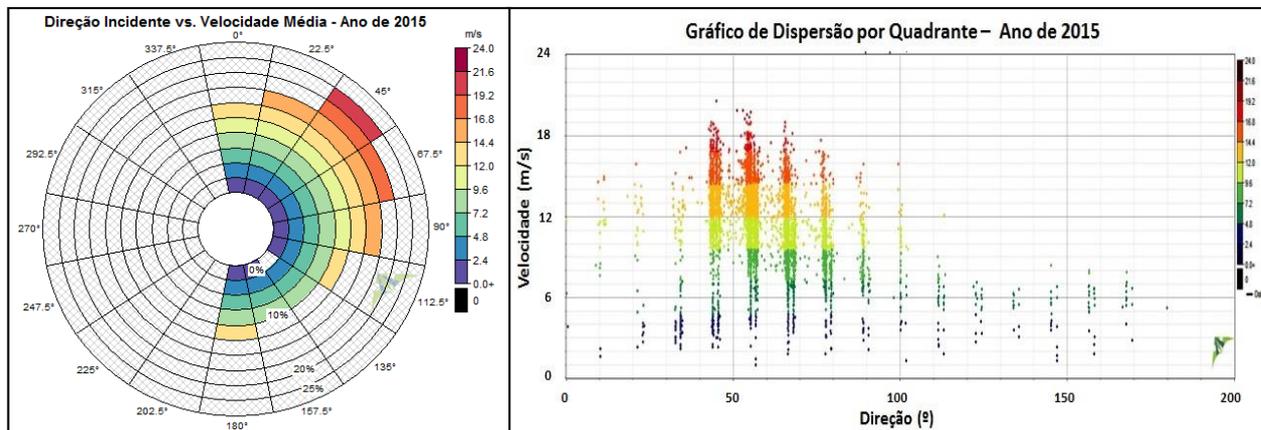


Figura 5 - Direção de incidência dos ventos por quadrante e o gráfico de dispersão anual.

Durante o primeiro semestre do ano, houve a entrada de ventos oriundos de ESE, SE, SSE, principalmente entre os meses de fevereiro e maio.

A direção de incidência desses ventos pôde estar atrelada à penetração das massas de ar responsáveis pelas chuvas no Ceará, muito característica nesse período. Tal fato pode ser justificado quando se observa mudança de direção a partir de junho, quando esses sistemas atmosféricos perdem força. Ainda no primeiro

semestre foi possível observar a incidência de ventos de Norte. Nos seis meses seguintes, os rumos indicaram entrada de ventos apenas pelo quadrante 1, com direções predominantes NE, ENE e E.

Distribuição do Volume de Chuva Precipitado no Ano de 2015

De acordo com os resultados da figura 6 as chuvas no município de Paracuru estiveram presentes em quase todos os meses, entretanto se distribuíram de forma díspar ao longo do ano.

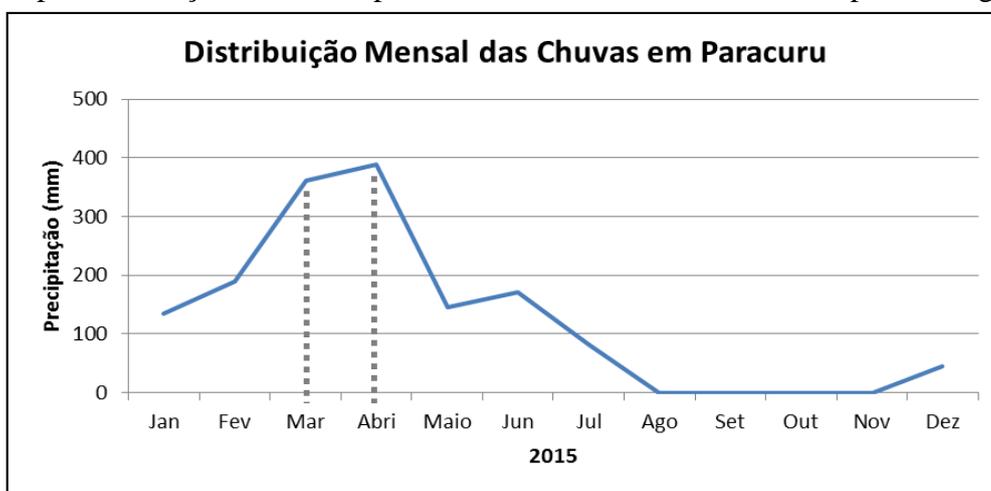


Figura 6 - Precipitações mensais no município de Paracuru em 2015.

As coletas indicaram que as chuvas se concentraram no primeiro semestre do ano, principalmente de fevereiro a abril, quando ultrapassaram os 200 mm. As precipitações somaram um total de 1.517 milímetros, valor bem acima da média anual para o município que é entorno de 1.200 mm, conforme Ipece (2006).

Algo paradoxal se comparado ao quadro pluviométrico do Ceará em 2015, que terminou o ano enfrentando a quarta seca consecutiva.

Vale salientar que essas sazonalidades anuais no balanço hídrico fazem parte da própria incerteza climática típica do semiárido nordestino.

Ainda de acordo com a figura 6, o mês de abril registrou as maiores precipitações (389 mm) seguido do mês de março (361 mm), evidenciando a relação dessas chuvas com o período de atuação da ZCIT.

Velocidade de Migração dos Depósitos Eólicos em 2015

A figura 7 apresenta a relação entre os ventos atuantes na área de estudo e o avanço médio mensal de deslocamento da duna do Pico Alto. O referido gráfico mostra como a velocidade de

migração dos depósitos eólicos está subordinada ao comportamento dos ventos atuantes. É possível observar que as maiores distâncias de avanço foram verificadas durante os meses de ventos mais fortes. Além dos padrões de ventos, a sazonalidade semestral do regime de chuvas também atuou diretamente na velocidade de migração das dunas ao longo do ano. Desta forma, as figuras 8 e 9 mostram o deslocamento da duna do Pico Alto respectivamente no primeiro e segundo semestre de 2015.



Figura 7 - Relação entre os ventos atuantes e o avanço médio mensal de deslocamento da duna do Pico Alto em 2015.

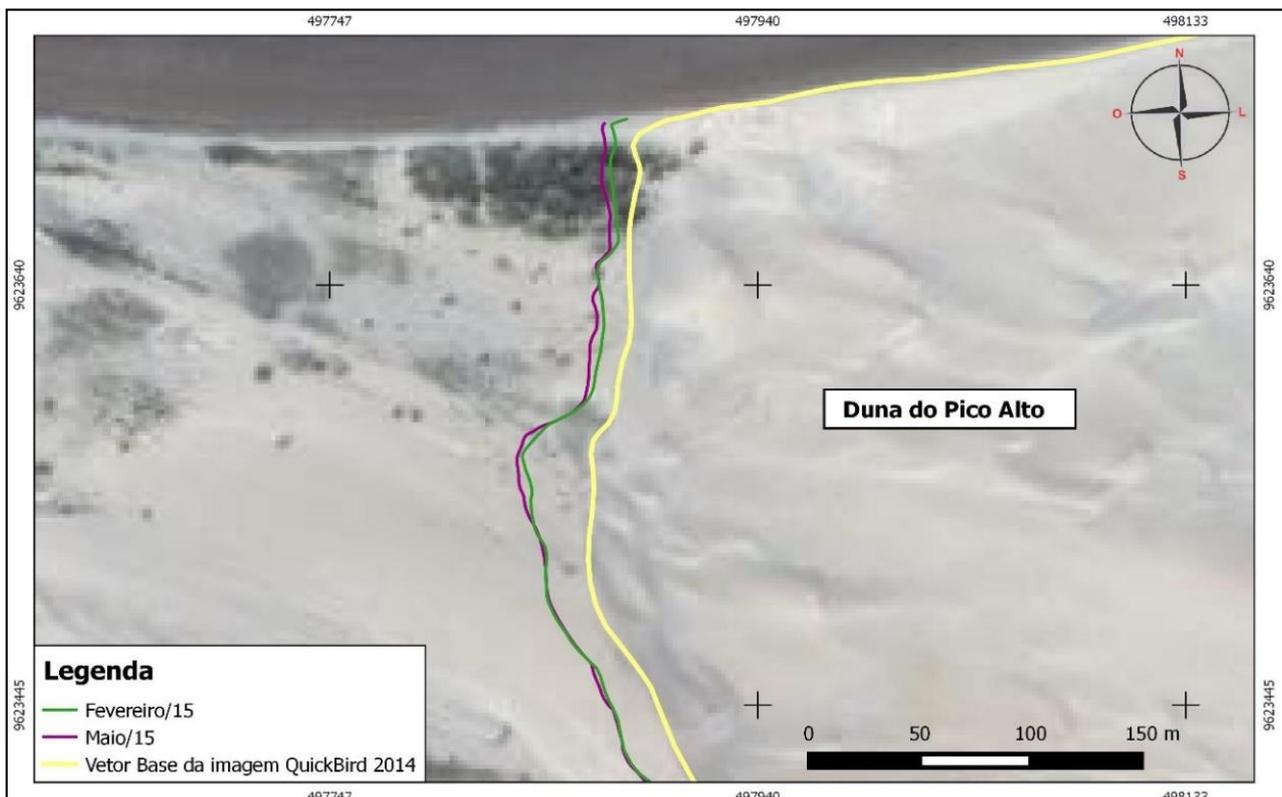


Figura 8 - variações fisiográficas de deslocamento da duna do Pico Alto entre os meses de fevereiro e maio de 2015.

Comparando os vetores gerados na figura 8, nota-se pequenas diferenças entre fevereiro e maio de 2015, revelando que a duna migrou pouco. O trecho com deslocamento máximo apresentou avanço de 5,2 metros. Isto porque esses meses concentraram os maiores volumes de chuva registrados no município de Paracuru naquele ano.

A presença da água na superfície dunar atua como agente fixador dos sedimentos dificultando o transporte pela corrente de ar. Além disto, esse período do ano se caracteriza pela atuação de ventos mais fracos que também dificultam o

deslocamento da areia.

Entretanto, ao comparar as variações fisiográficas de deslocamento da figura 9, verificou-se que a duna teve avanço médio de 15,2 metros entre maio e dezembro, ou seja, praticamente o triplo do deslocamento obtido no primeiro semestre.

Isto porque no segundo semestre do ano prevalece a atuação de ventos mais fortes, ao passo que as chuvas diminuem. Desta forma, o transporte dos sedimentos torna-se mais efetivo e a velocidade de deslocamento das dunas atinge distâncias maiores.

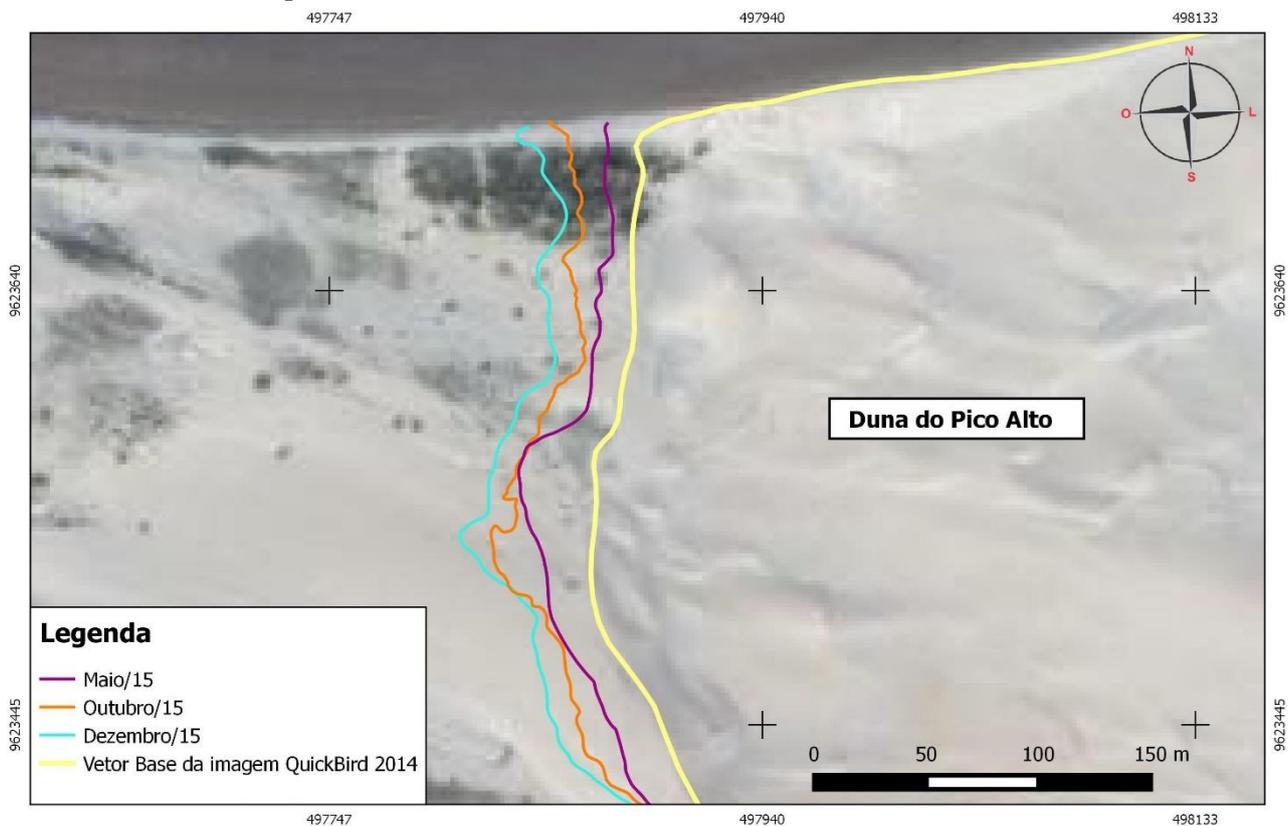


Figura 9 - variações fisiográficas de deslocamento da duna do Pico Alto entre os meses de maio e dezembro de 2015.

O pico mais forte dos ventos se concentrou entre outubro e dezembro, período do ano em que a duna no Pico Alto registrou maior deslocamento médio (10,2 metros). Portanto, a partir dos caminhamentos realizados entre janeiro e dezembro de 2015, pôde-se afirmar que a duna do Pico Alto apresentou uma velocidade média de migração de 30 m/ano, com avanços de 34 metros em alguns trechos.

A velocidade de migração anual de dunas costeiras tem sido abordada em muitos trabalhos. Meireles (2011) constatou migração média de 30 m/ano para a Duna Arraia, 10 m/ano para a duna Pôr do Sol, 22 m/ano para a duna Papai Noel, localizadas na planície costeira de Jericoacoara,

CE. Estes resultados foram obtidos com base na análise de imagens de satélites datadas entre 2005 e 2010.

Maia et al. (2000) verificaram médias entre 9 m/ano e 11 m/ano para dunas no Pecém, CE, durante período de 30 anos (1958 a 1988). O método utilizado foi desenvolvido a partir da análise das marcas de areia deixadas no corredor de deflação. Cada marca correspondeu à última estação chuvosa ocorrida que condicionou a fixação de vegetação nas bordas das dunas.

A velocidade de migração pode ser obtida também através de medições diretas, tomando como referência marcos dispostos - em relação à crista das dunas monitoradas. Castro (2004)

constatou migração de 19,3 m/ano para uma barcana localizada sobre o promontório de Paracuru. Maia et al. (2001) estimaram

velocidade de 4,75 m/ano nas dunas do Cauípe, CE, tomando como referência à disposição linear da vegetação de coqueiros.

CONCLUSÕES

O regime eólico e pluviométrico de Paracuru é semelhante ao observado para a sub-região litorânea cearense, apresentando uma sazonalidade climática distribuída em dois períodos distintos do ano. A estação chuvosa prevalece no primeiro semestre, principalmente durante os meses de fevereiro a maio (concentrando mais de 70% da precipitação anual). A frequência acumulada de ventos nesse período indicou velocidades médias de até 12 m/s, com direção de incidência predominante de ESE, SE e SSE.

O período de estio estende-se de julho até início de dezembro e se caracteriza por ventos mais fortes com incidência predominante de NE, ENE. A frequência acumulada no segundo semestre apontou médias de velocidade entre 12-15 m/s.

Os ventos atuantes em 2015 tiveram média anual de 12,5 m/s. O perfil diurno das séries eólicas indicou que os picos de velocidade dos ventos se concentraram no final da manhã e início da tarde, entre o intervalo de 11h:00min às 15h:00min. Os ventos mais fracos atuaram no início da noite e nas primeiras horas da manhã.

Como os depósitos eólicos móveis da área de estudo estiveram subordinados ao mesmo regime

de chuvas e de ventos (e apresentam características morfológicas e sedimentológicas semelhantes), estima-se que a velocidade média de migração anual da duna Boca do Poço seja parecida à verificada para a duna do Pico Alto.

Não foi possível estabelecer com precisão a migração anual da duna Boca do Poço em virtude da dificuldade do acesso ao sopé da face de deslizamento, o que impossibilitou o mapeamento por GPS.

A migração dos campos de dunas setentrionais da planície costeira de Paracuru é preocupante, pois o avanço das areias está soterrando residências locais, vias de acesso e ecossistemas (riacho Boca do Poço), gerando áreas críticas de calamidade pública.

Algumas medidas estão sendo tomadas por parte da prefeitura municipal visando minimizar o problema (como a disposição de palhas de coqueiros, por exemplo). Entretanto, estas medidas possuem apenas um caráter paliativo, tendo em vista que não impedem completamente o deslocamento da areia.

Portanto, são necessários estudos mais aprofundados sobre a dinâmica desses depósitos eólicos para que possam ser tomadas ações de manejo e reordenamento territorial.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará – PropGeo/UECE PPGCMT/UFC, ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica – LGCO e à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP pelo fomento à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J.M.B. & DINIZ, F.A. **Sistemas Atmosféricos Atuantes no Estado do Ceará**. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Departamento Nacional de Meteorologia – DNMET. Fortaleza-CE, p. 680-684, 1991.
- ALVES, J.M.B. & RAPELLI, C. A variabilidade Pluviométrica do Setor Norte do Nordeste e o Evento El Niño - Oscilação Sul (ENOS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 7, n. 2, p. 583 - 592, 1992
- ANGULO, R.J.; SOARES, C.R.; MARONE, E.; SOUZA, M.C.; ODRSKI, L.L.R.; NOERNBERG, M.A. Paraná. In: Dieter Muehe. (Org.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. 1 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. 1, p. 347-400, 2006
- CASTRO, J.W.A. Transporte Eólico de Sedimentos e Migração de Dunas sobre o Promontório de Paracuru – Litoral Setentrional do Nordeste Brasileiro. **Boletim do Museu Nacional**, N.S., Geol., ISSN 0080-3200, Rio de Janeiro, n. 72, p.1-10, 2004.
- 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.
- FUNCEME — Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Sistemas Meteorológicos Causadores de Chuva na Região Nordeste do Brasil**. 2002. Disp. em: http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Grafico_chuva_s_postos_pluviometricos/entender/entender2.htm. Acessado em: 22ago2016.
- IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal de Paracuru**, 2006. Disp. em: http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2006/Paracuru.pdf. Acessado em: 25ago2016.
- DE MARIA, P.H.S; COSTA, A.A.; SOMBRA, S.S. Modelagem Numérica em Alta Resolução para Previsão de Geração de Energia Eólica no Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**,

- v. 23, n. 4, p. 477-489, 2008.
- FERNANDEZ, G.B. & MUEHE, D. Algumas Considerações sobre o Efeito do Fenômeno El Niño sobre Feições Costeiras ao Longo da Costa Brasileira. **Geografia**, Ano VIII, n. 15, 2006.
- FONZAR, B.C. A Circulação Atmosférica na América do Sul: os Grandes Sistemas Planetários e Subistemas Regionais que Atingem o continente. Localização e trajetória. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 1, n. 1, p. 11-33, 1994.
- GOLDSMITH, V. **Coastal Dunes**. Berlin: Springs Verlag. 456 p, 1978.
- HESP, P.A. Coastal Sand Dunes: From and Function. **CDVN. Technical Bulletin**, n. 4, p. 28, 2000.
- LIMA, F.J.L.; AMANAJÁS, J.C.; GUEDES, R.V.S.; SILVA, E.M. Análises de Componente Principal e de Agrupamento para Estudo de Ventos para a Geração de Energia Eólica na Região do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 5, n. 2, 2010.– An Interdisciplinary Journal of Applied Science, ISSN = 1980-993X, doi:10.4136/1980-993X,
- MAIA, L.P. **Procesos Costeiros y Balance Sedimentario a lo Largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicações para una Gestión Adecuada de la Zona Litoral**. Universitat de Barcelona. Facultat de Geologia. Barcelona. 1998. 269 p. Tesis (Doctoral). Dep. D'Estratigrafia i Paleontologia.
- MAIA, L.P.; FREIRE, G.S.S.; MORAIS, J.O.; RODRIGUES, A.C.B.; PESSOA, P.R.; MAGALHÃES, S.H.O. Dynamics of Coastal Dunes at Ceará State, Northeastern Brazil: dimensions and migration rate. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, v. 34, p. 11–22, 2001.
- MAIA, L.P., JIMÉNEZ, A.J., RAVENTOS, J.S., MORAIS, J.O. Dune Migration and Aeolian Transport Along Ceará State, Brazil: downscaling and Upscaling Aeolian Induced Processes. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, v. 33, p. 99-106, 2000.
- MORAIS, J. O. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 268, p. 2000.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. ZBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro. 28. Ed.. 421 p, 1989.
- PERILLO, G.M.E.; ANGELES, G.R.; PICCOLO, C. **Argentina Coast Vulnerability Assessment Built Around GIS. ArcNews on line, fall 99**. 1999. Disp. em: <http://www.esri.com/news/arcnews/fall99articles/34-argentina.html>. Acessado: 25set2016.
- PINHEIRO, L.S.; MEDEIROS, C.; MORAIS, J.O. Erosive processes monitoring linked to the estuarine evolution systems nearby Aguas Belas, Cascavel, Ceará, Brazil. **Journal of Coastal Research**, Itajaí, v. 39, n. 1, p. 1403-1406, 2006.
- PYE, K. Coastal Dunes. **Prog. Phy. Geogr.** v. 7, p. 531-557, 1983.
- ROCHA, G.H.M; ROCHA, M.N; PINHEIRO, L.S.; MORAIS, J.O. Variações na linha de costa da desembocadura do rio pacoti e processos sazonais associados. In: XIII CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 2011, **Atas...**Búzios, ABEQUA. RJ. ISSN: 2318-0986.
- SEOANE, C.L.V.; GALLEGU-FERNÁNDEZ, J.B.; PASCUAL, C.V. **Manual de restauración de dunas costeras**. Ed. Direccion General de Costas e Ministério de Medio Ambiente. Gobierno de Espana. 258 p, 2007. ISBN-13: 978-84-8320-409-2.
- SOUZA, M.J.N. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: SOUZA, M.J.N.; LIMA, L.C.; MORAES, J.O. (Orgs.) **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: Ed. FUNECE, 2000, p. 13-98, 2000.

Submetido em 13 de setembro de 2017
 Aceito em 20 de dezembro de 2019