



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR
GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

CARLOS EDUARDO CASTRO JORGE CAMELO

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TRANSPORTE EÓLICO NA EVOLUÇÃO DA
DESEMBOCADURA DO ESTUÁRIO DO RIO COREAÚ, CAMOCIM - CE**

FORTALEZA

2013

CARLOS EDUARDO CASTRO JORGE CAMELO

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TRANSPORTE EÓLICO NA EVOLUÇÃO DA
DESEMBOCADURA DO ESTUÁRIO DO RIO COREAÚ, CAMOCIM - CE**

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.

FORTALEZA

2013

CARLOS EDUARDO CASTRO JORGE CAMELO

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TRANSPORTE EÓLICO NA EVOLUÇÃO DA
DESEMBOCADURA DO ESTUÁRIO DO RIO COREAÚ, CAMOCIM - CE**

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Prof. Dr. Maria Oziléa Bezerra de Menezes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Prof. Dr. Jáder Onofre de Oliveira
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Heleniza e ao meu pai Cazimiro (in memorian) por todos os anos de dedicação, carinho, e amor. E pelo exemplo de força e trabalho que nortearam a minha formação pessoal ao longo dos anos.

A minha querida avó Anita Paiva por todo carinho e amor de mãe.

Ao meu Mestre em Pakua, Lairton Teles, amigo e pai espiritual, por ter sido o primeiro a me incentivar a realizar este curso e por me mostrar a importância de se vencer os limites da ilusão e fazer algo para concretizar os sonhos.

Aos meus padrinhos tia Cristina e Fábio pelas conversas e conselhos.

A Professora Lidriana Pinheiro, orientadora e amiga dentro e fora da instituição pelo incentivo apoio e dedicação nestes quatro anos de curso. Seus conselhos e conversas foram muito importantes para minha formação acadêmica e pessoal.

Aos colegas e amigos de turma, laboratórios (LGCO-UECE, LOG e LOF) e projetos: Cecília, Diego, Glacianne, Gleidson e Samuel pelo companheirismo, atenção, dedicação na realização de projetos, e confecção de trabalhos.

Aos também colegas do Laboratório de Oceanografia Geológica-LOG, Cida, Mônica e Paulo. Pela ajuda, e paciência nos trabalhos de laboratório.

A Profa. Sandra Santaela pelas conversas e atenção dispensada nos momentos em que eu ainda nem aluno era de suas disciplinas.

A Profa. Maria Ozilea Bezerra Menezes pelo cuidado maternal em projetos que participei os quais estavam sob sua supervisão.

Ao colega Mailton Rocha do LGCO-UECE, pelo apoio na metodologia de campo e pela atenção no processamento dos dados, incentivo e amizade.

Aos meus colegas da turma de Oceanografia 2010 por todas as etapas vivenciadas e compartilhadas ao longo do curso. Sem dúvida aprendi muito com eles nestes quatro anos de curso.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica. Ao projeto "Estudo Oceanográfico dos Manguezais Brasileiros e a Formação de Recursos Humanos Qualificados" - Ciências do Mar - CAPES, processo nº 876, pelo apoio financeiro para as pesquisas.

RESUMO

Estuários de regiões semiáridas tropicais estão sujeitos a fortes processos morfodinâmicos. Por esse motivo sua configuração é modificada em diferentes escalas espaciais e temporais. Os fatores que atuam entre esses processos podem ser naturais ou antropogênicos. Em relação aos processos naturais tem particular importância a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que atua na sazonalidade da quadra chuvosa, regime de ventos e alteração no transporte de sedimentos. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a influencia do transporte eólico na evolução da desembocadura do estuário do rio Coreaú. Para tal fim, foram realizadas campanhas de campo nos meses de outubro de 2012 e, março de 2013. Foram instaladas dez armadilhas de Leatherman ao longo de cada transecto na duna e no *spit* arenoso num intervalo de oito horas consecutivas com aberturas voltadas a barlavento das duas feições para coleta de sedimentos e posterior análises granulométricas, cálculo de volume e taxa de transporte. À margem direita do estuário foi realizado caminhamento da linha de costa nos referidos meses contornando o *spit* até a duna na preamar de sizígia. A correlação das taxas de sedimentos transportados com a velocidade dos ventos permite concluir que a influência do transporte eólico na foz do estuário do rio Coreaú é mais significativo no período de estiagem haja vista a velocidade dos ventos serem mais intensos nesse período, com uma contribuição maior da duna com sedimentos de granulometria fina do que no *spit* com sedimentos de granulometria grossa. A partir da associação da direção predominante dos ventos com o caminhamento da linha de costa observa-se que há uma migração das dunas e do *spit* em direção ao estuário.

Palavras-chave: Duna. *Spit* arenoso. Armadilhas de Leatherman. Ventos.

ABSTRACT

Estuaries from semiarid tropical areas are subject to strong morphodynamics processes. Therefore their configuration is modified at different spatial and temporal scales. The factors that act into between that process can be natural or anthropogenic. In relation to natural process is particular importance of Intertropical Convergence Zone (ITCZ) which operates in seasonality rainy season, wind and changes sediment transport. The point of this work is to assess the influence of aeolian transport in evolution of estuary outfall Coreaú river. For this purpose, field campaigns, in October 2012, and March 2013 were performed. Ten Leatherman sand traps were installed along for each transect on the dune and *spit* in a range of eight consecutive hours, with opening facing windward for the two features for to collect sediments, and subsequent size analyzes, calculation of volume and transport rate. In the right bank of estuary was carried out traversal shoreline in those months bypassing the *spit* up at the dune at high tide spring tide. Speed and wind direction was measured with anemometer. The correlations of rates sediment transported by wind speed leads to the conclusion that the influence of aeolian sediment transport in estuary mouth Coreaú river is more significant in the dry season considering the wind speed is most intense in this period, with a greater contribution dune with fine-grain size than sediments *spits* with coarse grain size. From the association of main winds direction with the traverse of the shoreline is possible to note that there is a migration of dune and *spit* towards estuary.

Key words: Dune. Sand *spit*. Leatherman sand traps. Winds

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem de satélite georreferenciada da desembocadura do estuário do rio Coreau.	19
Figura 2. Localização geográfica da área de estudo.	20
Figura 3. Armadilha de Leatherman.....	24
Figura 4. Armadilhas eólicas.....	25
Figura 5. Etapas da análise sedimentológica. A. peneiramento mecânico. B. secagem das amostras em estufa. C. pesagem das amostras. D. peneiramento úmido. E.separação das frações retidas nas peneiras. F. pesagem em balança de precisão.	27
Figura 6. Variação da velocidade do vento na duna, outubro 2012.	35
Figura 7. Variação da velocidade do vento no spit, outubro 2012.	36
Figura 8. Variação da velocidade do vento, na duna, março 2013.....	37
Figura 9. Variação da velocidade do vento, no spit, março 2013.	38
Figura 10. Freqüência simples de amostra coletada na duna.	39
Figura 11. Freqüência acumulada de amostra na duna	39
Figura 12. Freqüência simples de amostra coletada no spit	40
Figura 14. Freqüência acumulada de amostra coletada no spit.	40
Figura 15. Caminhamento de linha de costa	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Peso dos sedimentos coletados por armadilha na duna, no mês de outubro de 2012.....	29
Tabela 2. Peso dos sedimentos coletados por armadilha no spit, no mês de outubro de 2012.	29
Tabela 3. Peso de sedimentos transportados por armadilha na duna no mês de outubro 2012.	29
Tabela 4. Peso de sedimentos transportados por armadilha no spit no mês de outubro de 2012.	30
Tabela 5. Peso de sedimentos transportados na duna, no mês de março de 2013.	30
Tabela 6. Volume sedimentar transportado por armadilha na duna, outubro 2012.	30
Tabela 7. Volume sedimentar transportado por armadilha no spit, outubro 2012.....	31
Tabela 8. Volume sedimentar transportado por armadilha na duna, março 2013.....	31
Tabelas 9 a) Taxa de transporte na duna e no spit (b) no mês de outubro de 2012.....	32
Tabela 11. Carga eólica transportada na armadilha 2, no estio	33
Tabela 12. Carga eólica calculada na armadilha 6 no estio	34
Tabela 13 Carga eólica calculada na armadilha 10 no estio e na chuva.....	34
Tabela 14. Aferição dos ventos na duna em outubro de 2012.	35
Tabela 15. Aferição dos ventos no spit, em outubro de 2012.....	36
Tabela 16. Aferição dos ventos na duna, março de 2013.	36
Tabela 17. Aferição dos ventos no spit, março de 2013.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE SÍMBOLOS

cm – centímetros

g – grama

h - horas

Kg – quilograma

Kg/m/h – quilograma por metro por hora

mm – milímetros

m/s – metros por segundo

m³/s – metro cúbico por segundo

s – segundo

% - porcentagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo geral:	18
2.2. Objetivos específicos:.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Caracterização da área de estudo	19
3.1.1. Climatologia.....	20
3.1.2. Geologia	21
3.1.3. Oceanografia	22
3.2. Etapa de Campo	23
3.3. Etapa de Laboratório	26
4. RESULTADOS.....	29
4.1. Transporte de sedimentos.....	29
4.2. Volume de sedimentos transportados	30
4.3. Taxa de transporte de sedimentos	31
4.4. Carga eólica	33
4.5. Ventos	35
4.6. Granulometria.....	38
4.7. Caminhamento Linha de Costa	41
5. DISCUSSÃO	43
6. CONCLUSÃO	47

1. INTRODUÇÃO

A zona costeira constitui uma importante zona de conexão entre os ambientes marinho e continental. Nessa conexão estão inseridos vários subambientes como: estuários; dunas; e barreiras costeiras – *splits*. São sistemas conectados e exercem influências simultâneas, a exemplo da dinâmica de mobilização de sedimentos orientada por fatores como: ventos, ondas e marés.

Malta & Amaral (2013) ressaltam que 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.

De acordo com Cameron & Pritchard (1963), *apud*, Schettini, (2002) estuários são corpos de água restritos onde ocorre diluição mensurável da água marinha pela água doce proveniente da drenagem continental, tendo uma livre conexão com mar aberto. O seu limite continental é definido com o limite dos efeitos da maré ao longo da calha fluvial (FAIRBRIDGE, 1980 *apud*, SCHETTINI, 2002).

São importantes elos da ecologia global, uma vez que é através destes ambientes que passa a maior parte da matéria originada da decomposição intempérica dos continentes em direção aos oceanos (SCHETTINI, 2002).

Na região semiárida do nordeste brasileiro, os estuários têm um destaque maior por se desenvolverem em rios intermitentes, com fluxo praticamente restrito a estação chuvosa. Nesse contexto, está inserido o estuário do rio Coreaú com 150 km de extensão e deságue no município de Camocim.

A evolução de sistemas costeiros é controlada por vários fatores, e.g. morfologia e geologia da bacia, tamanho da área de captação, natureza da bacia de sedimentação, clima que leva ao canal e descarga fluvial na zona costeira, entrada de água doce e hidrodinâmica costeira – ventos, ondas e correntes (ALBERT and JORGE, 1998, *apud* KUMMAR, NARAYANA, JAYAPA, 2010).

O transporte de sedimentos em sistemas estuarinos é observado como produto das condições climáticas e, em regiões semiáridas onde a velocidade dos ventos é mais intensa, faz com que o domínio das formações arenosas contribuam para a obstrução das reentrâncias costeiras (PINHEIRO e MORAIS, 2010).

O transporte eólico de sedimentos e migração de dunas são peças chave em gestão costeira, devido ao papel desempenhado pelas dunas no balanço sedimentar (ILLENBERG & RUST, 1988 *apud* MAIA *et al.*, 2000).

O transporte eólico de sedimentos através das praias é complexo e caracteristicamente variável no espaço e no tempo. Quando a velocidade do vento é próxima ao limite de movimento, o sistema de transporte é intermitente com longos períodos de inatividade pontuados por curtos intervalos de movimentos de areia. Com o incremento da velocidade do vento, o transporte se intensifica em termos de proporção temporal em que ocorre o transporte. Neste caso a massa de sedimentos é carregada em qualquer instante de tempo, mas raramente alcança o estado fixo de equilíbrio (DAVISON-ARNOTT & BAUER, 2009).

Carvalho, Maia, Dominguez (2006) ressaltam a importância do conhecimento acerca dos processos eólicos em locais onde ocorrem soterramento de vilas inteiras pela atividade eólica. Otvos (2012) afirma que campos de dunas em planícies continentais e ilhas barreiras podem ser retrabalhados por processos de transporte eólicos.

Barreiras arenosas freqüentemente acompanham margem de costas passiva e outras costas agradacionais em todo mundo. As ilhas barreiras são as mais comuns das três categorias básicas de barreiras, entretanto, barreiras *spits* e praia de cume de planície tendem a ser mais comuns (OTVOS, 2012). Campos de dunas seria outra categoria de barreiras costeiras (OTVOS, 2012).

Otvos (2011) ressalta que ilhas barreiras constituem uma fisiografia multifacetada paralela a costa, hidrografia, sedimentar, e limite ecológico entre águas interiores e ambientes em mar aberto.

De acordo com Zhang e Leatherman (2011) *apud* Otvos (2012) ilhas barreiras estão expostas e são bons indicadores de elevações do nível do mar, subsidência, mudanças climáticas, tempestades, fenômenos hidrológicos, sedimentares. Desempenham papel cada vez mais importante a nível mundial, também como indicadores de alerta de mudanças globais e regionais (ZHANG & LEATHERMANN, 2011).

De acordo com Otvos (2011), ilhas barreiras, na forma de barreiras *spit*, possuem várias funções essenciais de barreiras de proteção: (1) Diminuem a salinidade e a energia de ondas e correntes *inshore*. (2) Ilhas impõem um nítido

contraste entre sedimentos marinhos e costeiros. (3) Fornecem proteção contra ondas de tempestade em áreas continentais, incluindo abrigo de corpos de água adjacentes contra eventos de tempestade. (4) abrigam e protegem habitats ecológicos do domínio costeiro e (5) Mantêm um caminho contínuo de deriva litorânea de sedimentos.

Kumar, Narayana e Jayappa (2010) afirmam que os *spits* são moldados pela acresção de sedimentos que ocorrem quando a corrente de deriva ao longo da costa atinge uma seção do promontório. Os sedimentos formadores dos *spits* são derivados de várias fontes incluindo rios e erosão de escarpas, onde as mudanças que ocorrem tem grande impacto nos *spits* e outras formas de relevo costeiro.

Segundo Schwartz (1982) *apud* Bastos *et al.*, (2012), *spits* são formas de relevo sub-aéreas que são formadas e moldados pelo transporte de sedimentos. Sua morfologia depende de correntes, clima de ondas e ventos, balanço sedimentar, amplitudes de maré e mudanças induzidas por ação antrópica. São dinâmicos em sua posição e forma e a migração ocorre em resposta a flutuações eustáticas, revelando mudanças em curto prazo relacionadas com eventos meteorológicos. São mais freqüentes em águas costeiras rasas, onde grande volume de sedimentos está disponível.

São bastante sensíveis a descarga de rios (e. g. SAKHO *et al.* 2011) e eventos extremos de tempestade (e.g. SUUSAAR *et al.* 2008; LIU *et al.* 2010). Mas sua dinâmica não está somente associada com eventos de curto prazo, eles podem também responder a eventos que ocorrem em grandes escalas temporais. Além disso, forçantes naturais em *spits*, também geram mudanças induzidas pelo homem (e.g. HEDGE e RAVENDRA, 2000). Vários trabalhos em todo mundo tem tentado caracterizar a evolução do *spit* tanto em curto como em longo prazo, a fim de contribuir para práticas de gestão de zona costeira (e.g. BRYAN *et al.*, 2008).

Spits arenosos tem função de defesa natural em ambientes estuarinos e costeiros. Especialmente em áreas densamente ocupadas, os *spits*, portanto, recebem especial atenção a intervenções humanas. O efeito de estabilização do *spit* é particularmente importante uma vez que mudanças em sua dinâmica natural podem afetar o risco de enchentes e erosão e áreas em direção a terra (BASTOS *et al.*, 2012).

Spits podem se formar nos lados de entradas de bacias oceânicas e estes são de grande importância para compreensão da morfodinâmica de entradas e para gerenciamento de canais de navegação e enseadas (KRAUS, 1999, *apud*, KUMAR, NARAYANA, JAYAPA, 2010).

A orientação do *spit* comumente é usada como indicador da direção da deriva litorânea. Entretanto, a orientação do *spit* é determinada por uma combinação de fatores, incluindo geometria da entrada do canal, refração de ondas, e fluxos de maré. Conseqüentemente a orientação do *spit* pode muitas vezes ser contrária a deriva litorânea (HAYES *et al* 1970, HUBARD, 1976).

Além dos *spits*, as dunas interferem na morfodinâmica de sistemas estuarinos adjacentes. Segundo Hesp (2002), *apud* Parteli *et al.* (2006) o desenvolvimento de dunas costeiras é resultado de interações complexas entre vários fatores como o tipo de areia, fluxo de sedimento e presença de vegetação. Importantes aspectos da formação de dunas costeiras são topografia da área, clima de onda e em larga escala, variações do nível do mar.

Com alturas que podem variar entre alguns metros a mais de 30 m, dunas representam não apenas atração turística em zonas costeiras, mas funcionam também como barreiras contra ondas, atuam como reserva de sedimento para as praias adjacentes e protegem áreas continentais da erosão e intrusão salina (PARTELI *et al.*, 2006).

Categorias designadas como campos de dunas transversais e barreiras de dunas episódicas podem cobrir depósitos de planície costeira progradante ou faixas em direção a terra, traduzidas como ilhas holocênicas transgressivas. Areias deflacionadas de erosão praial e afloramento de unidades sedimentares mais antigas se acumulam em espessura, formando leitos holocênicos e/ou depósitos de tempestade. Desempenhando múltiplo papel como barreiras *baymouth* (DILENBURG e HESP, 2009; DOMINGUEZ, 2009; HESP *et al*, 2009a e VITAL, 2009), *apud* (OTVOS, 2012).

Houston *et al.* (2001) *apud* Santalla (2009), afirmam que dunas são elementos característicos em praias onde há grande disponibilidade de sedimentos. Tem importância do ponto de vista ecológico criando seus próprios ecossistemas bem como um reservatório de sedimentos disponível em tempos de clima adverso.

Segundo Nordstrom (2000), *apud* Santalla (2009), as dunas representam um dos elementos que tem sofrido considerável destruição devido à ocupação humana massiva da costa, causando a erosão de várias zonas costeiras. O mesmo autor chama a atenção para o fato de que as características desses ecossistemas são condicionados pela dinâmica sedimentar e estes são determinados principalmente por campos de vento e as propriedades dos sedimentos.

São formadas em locais em que a velocidade do vento e a disponibilidade de areias praias de granulometria fina são adequadas ao transporte eólico. Estas condições são mais freqüentemente encontradas em praias do tipo dissipativa a intermediária, de gradiente suave, como ocorre em quase todo o litoral do Rio Grande do Sul, em Cabo Frio, no litoral do Rio de Janeiro, e em muitos locais do litoral do Maranhão, Piauí e Ceará, ali favorecidos pelo clima seco e maior amplitude da maré (MAIA, 1998).

O desenvolvimento de dunas tem sido relacionado a períodos de progradação costeira com ampla disponibilidade de sedimentos. Entretanto, Psuty (1988) chama a atenção de que grande parte das regiões costeiras em fase de retrogradação possuem dunas bem definidas.

A faixa costeira do estado do Ceará caracteriza-se pela formação de extensos campos dunares, onde a ação dos efeitos eólicos assume papel importante na modelagem e migração acelerada desses depósitos arenosos (BRANCO, LEHUGER, FREIRE, 2001). Praticamente toda a costa do estado do Ceará é composta por extensivos campos de dunas. Portanto, três de quatro gerações de dunas foram identificadas e, embora seja difícil de estabelecer onde foram formadas, Maia (1998) realizou estimativas indiretas através de análises baseadas na estratigrafia, critérios sedimentológicos e pedológicos, associando-os aos diferentes níveis do mar durante o quaternário.

Na desembocadura do Coreaú, desde a metade da década de 70 são observados processos migratórios devido ao transporte de sedimentos e, avanço das dunas da Testa Branca em direção ao rio (PITOMBEIRA, 1976). Nos estudos da morfologia do estuário do Coreaú utilizando cartas batimétricas desde a década de 40 realizado por Silva (2013), foi observado o possível controle dos campos de dunas no aporte de sedimentos para o canal estuarino.

Maia *et al.*(2001), estudando a dinâmica de dunas costeiras no estado do Ceará, utilizou taxas de transporte eólico para obter a migração de dunas em ordem de magnitude. Os autores estimaram taxas de migração variando de 90 a 100 m³/m/ano.

Sauermann *et al.*(2003), realizou técnicas de modelagem para prever evolução e migração de dunas em dunas barcanas. Para tal fim utilizou-se de medições diretas em campo, de anemômetros para medição de velocidade do vento e de armadilhas eólicas para cálculo de fluxo de sedimentos.

Branco, Lehuger, Freire (2001) realizaram a quantificação de transporte eólico em dunas no litoral do Ceará, com o uso de armadilhas de armazenamento de areia nos corpos dunares. O transporte sedimentar real mediano para a base das dunas foi da ordem de 0,49 kg/m/h e, para o topo, de 1,26 kg/m/h. Como pode ser observado, o transporte eólico é significativo na zona costeira e condicionam em muitos casos a morfodinâmica de outros compartimentos adjacentes. Malta & Amaral (2013) chamam atenção para a existência de diferentes modelos de coletores onde cada qual apresenta suas vantagens e desvantagens.

Em face do exposto este trabalho, tem como objetivo verificar a influência de transporte eólico de sedimentos do *spit* arenoso e das dunas da Testa Branca, ambos à margem direita da desembocadura do estuário em direção ao canal.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral:

Estimar a influência do transporte eólico na evolução da morfodinâmica da desembocadura da foz do estuário do Rio Coreaú – CE.

2.2. Objetivos específicos:

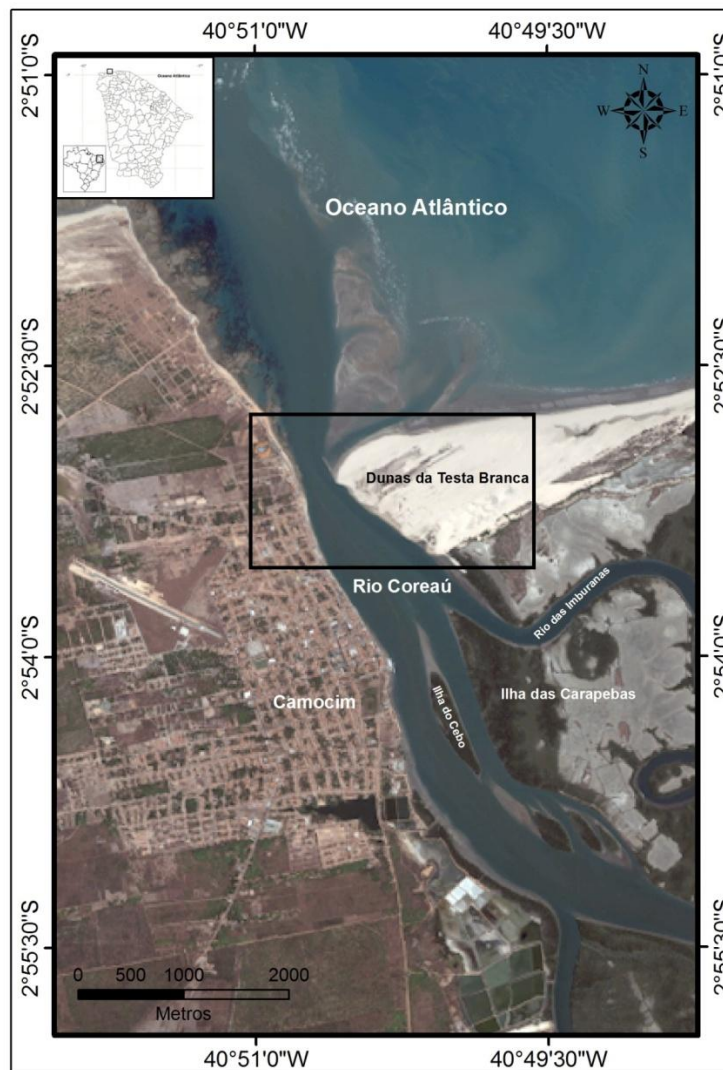
- Observar os principais agentes naturais atuantes na dinâmica eólica da duna e do *spit*;
- Estimar a taxa de transporte eólico através do cálculo de volume sedimentar e cargas eólicas transportado na duna e *spit*;
- Comparar o tipo de sedimento eólico da duna e do *spit* a partir da classificação textural.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

O rio Coreaú tem sua nascente na serra da Ibiapada e possui aproximadamente 150 km de extensão. A região do baixo estuário fica localizado no município de Camocim extremo norte do estado do Ceará nas coordenadas $2^{\circ} 54' 08''$ S, $40^{\circ} 50' 28''$ W (figura1). Ao longo de seu curso banha os municípios de Frecheirinha, Coreaú, Moraújo e Granja, com deságue no Oceano Atlântico no município de Camocim.

Figura 1. Imagem de satélite georreferenciada da desembocadura do estuário do rio Coreaú.

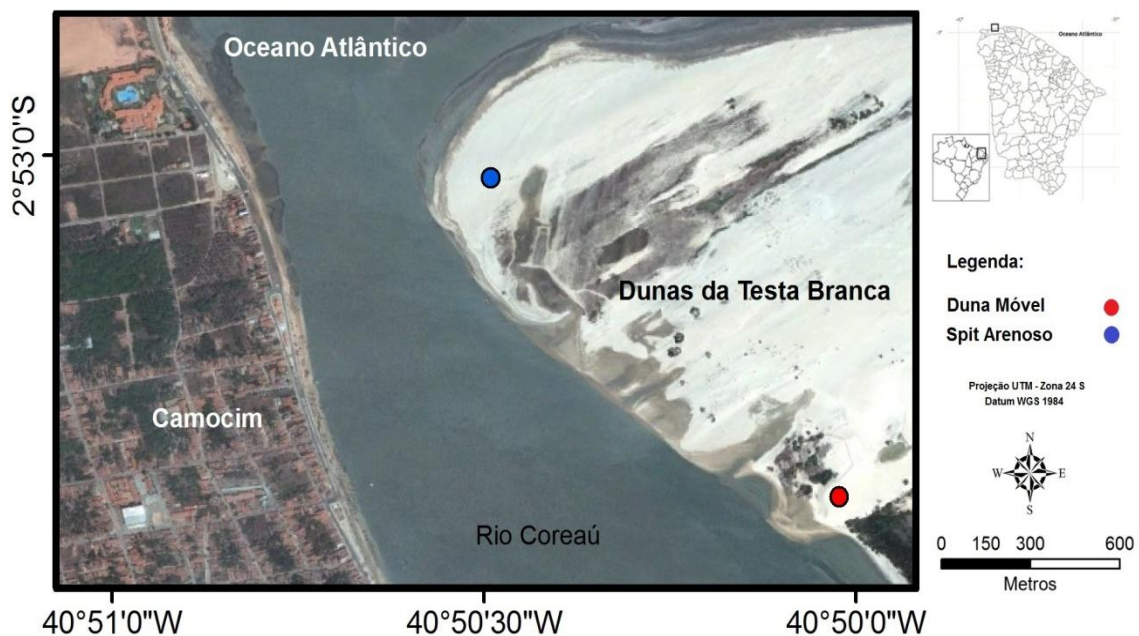


Fonte: o autor

Na região do baixo estuário do Coreaú, Pitombeiras (1976) observou durante todo o ano a ocorrência de escoamentos fluviais, alimentados constantemente pelo manancial depositado nas serras, processando-se em três situações estacionais: as grandes descargas fluviais, na época das chuvas, pequenos escoamentos, apenas perenização na época da estiagem; e paralização total na época das secas.

A área de estudo compreende a região do *spit* arenoso e das Dunas da Testa Branca ambas localizadas à margem direita da desembocadura do estuário (figura 2).

Figura 2. Localização geográfica da área de estudo.



Fonte: o autor

3.1.1. Climatologia

As condições do clima, vento e ondas na região Nordeste do Brasil, mantêm uma estreita relação com a migração ou deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e com as condições meteorológicas no hemisfério Norte, segundo demonstrado por CLIVAR/ BRASIL (1998) (CARVALHO, MAIA, DOMINGUEZ, 2006).

A ZCIT atua no controle de um forte ciclo estacional com periodicidade anual associada às mudanças nas estações climáticas. Esta zona se desloca mais para o norte durante o inverno austral (entre agosto a outubro) e mais para o sul durante o verão austral (entre março e abril), (CARVALHO, MAIA, DOMINGUEZ, 2006).

Sua faixa de movimentação é marcada pela convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste. Durante os meses de dezembro a abril, a ZCIT desloca-se no sentido meridional, quando via de regra, é caracterizada a estação de chuvas na região. Neste período verifica-se a presença dos alísios de NE que atingem a costa com mais frequência (CARVALHO, MAIA, DOMINGUEZ, 2006).

De julho a novembro a ZCIT se desloca gradativamente mais para o Norte, afastando-se do Equador quando as chuvas começam a diminuir até começar o período de estiagem. Ao mesmo tempo os alísios de sudeste/este se tornam mais efetivos aumentando significativamente sua predominância em relação aos de nordeste (CARVALHO, MAIA, DOMINGUEZ, 2006).

3.1.2. Geologia

Quanto à geologia o litoral cearense é formado por empilhamento estratigráfico representado por raros afloramentos de rochas metamórficas de idade Pré-Cambriana comumente recoberta por seqüências sedimentares cenozóicas (CARVALHO, MAIA, DOMINGUEZ, 2006).

A cobertura sedimentar costeira é constituída por depósitos Tércio-Quaternários da Formação Barreiras, depósitos colúvio-eluviais e as unidades quaternárias, representadas principalmente por depósitos eólicos e praias (CARVALHO, MAIA, DOMINGUEZ, 2006).

Os depósitos eólicos se estendem por toda a costa, sendo formado por areias finas a médias, bem a moderadamente bem selecionadas, com cores que variam no intervalo de branca a avermelhada (CARVALHO, MAIA, DOMINGUEZ, 2006).

A Bacia do Coreaú é limitada por faixa de praias com características morfodinâmicas dissipativas associadas a planícies flúvio-marinhas com manguezais dos rios Timonha e Acaraú. Na foz do rio Coreaú na parte central da bacia afloram na forma de falésias os depósitos da formação Camocim. São observados contatos

bruscos dos conglomerados que compõem essa formação, passando a um pacote superior, composto de areias finas com material argiloso inconsolidado não estratificado.

A formação Camocim não apresenta uma distribuição espacial bem caracterizada, ficando restrita aos afloramentos de praia do farol, constituída petrograficamente por um ortoconglomerado grosseiro, oligomítico de elevada maturidade, cimentado por um material laterítico-ferruginoso de cores marrons, castanhos e vermelhos, extremamente duros (Morais 2000).

A faixa de praia exposta apresenta plataformas de abrasão e pontais rochosos associados às Rochas da Formação Camocim e rochas de praia de idade holocênica. A linha de costa do município de Camocim é caracterizada pela sucessão de enseadas abertas limitadas por pontas rochosas com erosões localizadas e controladas pela alternância sazonal do clima de ondas.

3.1.3. Oceanografia

O estado do Ceará é banhado pelas águas salinas e oxigenadas da corrente Norte brasileira, um ramo ascendente da corrente Sul Equatorial que se bifurca ao largo do Nordeste do Brasil, sazonalmente entre as cidades de Recife e Salvador. Essa corrente, com velocidade de 1 a 2 nós, corre paralela a costa do Ceará e é co-responsável pelas correntes litorâneas em direção noroeste.

As ondas que banham o estado do Ceará apresentam uma forte componente de E com direções variando entre os quadrantes E, E-NE, E-SE mantendo uma estreita relação com a direção predominante dos ventos.

Um estudo realizado por Maia (1998) utilizando os dados da bóia do porto do Mucuripe no período de 1991 a 1994, verificou uma concentração de 95% para as direções entre 75° e 105° , com extremos registrando valores mínimos de 17° (31/11/1991) e máximos de 119° (31/10/1991).

No primeiro semestre a freqüência de ondas *swell* é bem maior, devido à diminuição da influência dos alísios de SE e ao aumento da turbulência do Atlântico Norte. Na estação do INPH no Pecém, para os anos de 1997 a 1998, observou-se

que 27,5% dos períodos de pico estão compreendidos entre 10 a 16s, indicando ondas do tipo *swell*. Ocorre um período de 0,4% entre 17 e 19s, porém a maioria dos períodos de pico (72%), ocorreu entre 4 e 9s, relacionados com ondas do tipo sea (INPH, 2001). Dentre os 72% mencionados acima, cerca de 58% dos períodos variaram entre 4 e 7 segundos. As alturas significativas das ondas varia de 0,8-1,5 m com maior percentual entre as alturas de 1,1 e 2 m.

O regime de marés na costa cearense pode ser considerado como de mesomarés com periodicidade semidiurna.

3.2. Etapa de Campo

A etapa de campo foi dividida em dois períodos, estiagem e chuvoso em consequência da atuação da ZCIT na região cuja influência no padrão e regime dos ventos (CARVALHO, MAIA, DOMINGUEZ, 2007) altera o transporte de sedimentos nas regiões do *spit* arenoso e da duna. Os meses de coleta de dados em campo foram outubro de 2012 e março de 2013.

As amostragens foram realizadas à margem direita da foz do estuário sob o *spit* arenoso e sob as dunas da Testa Branca. Para tal fim foram realizadas medições de temperatura, velocidade dos ventos e quantificação da carga eólica de sedimentos a fim de estimar a taxa de transporte. Os equipamentos utilizados para coleta de dados foram: termoanemômetro de mão tad-500; dez armadilhas de Leatherman e; GPS de mão do tipo Garmin 35S.

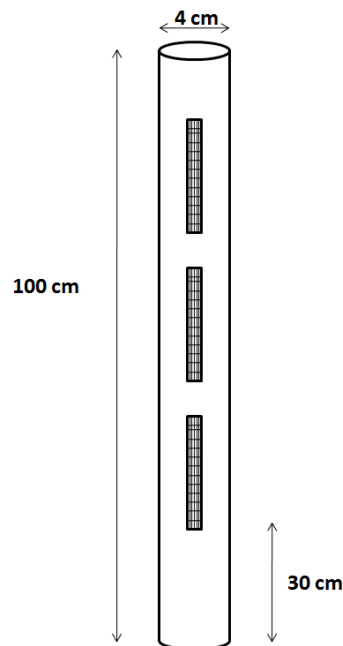
O termo-anemômetro de mão forneceu a velocidade dos ventos e os valores de temperatura. O anemômetro foi instalado a cerca de um metro de altura que é a extensão vertical da camada de cisalhamento do vento. A cada dez minutos foram realizadas medições da velocidade do vento por um período de oito horas consecutivas. A direção da migração e velocidade do vento foi inferida pela direção das marcas de ondas (*riples marks*).

A cada meia hora foi feita leitura do vento do tipo rajada, onde todos os valores de velocidade e direção do vento foram considerados no intervalo de tempo de 1 minuto. Foram instaladas dez armadilhas de Leatherman espaçadas em dez metros ao longo de cada transecto.

As armadilhas consistem em cilindros de PVC de um metro de comprimento e quatro centímetros de diâmetro. A parte inferior é fechada com uma tampa de PVC e enterrada no terreno em 30 cm, de modo que o nível inferior da primeira abertura coincida com o nível do terreno. Possuem seis fendas verticais, sendo três na parte anterior e três na parte posterior.

As fendas têm dimensões de um centímetro de largura. A parte anterior do cilindro cujas fendas são abertas serve de entrada para o material sedimentar transportado pelo vento e por isso são colocadas a barlavento. A parte posterior é colocada a sotavento cujas fendas são cobertas por tecido com malha de 62 micras que por ser menor que o sedimento eólico, possibilita a retenção deste dentro da armadilha (Figura 3).

Figura 3. Armadilha de Leatherman



Fonte: o autor

As armadilhas foram espaçadas em dez metros a barlavento da duna e do *spit* arenoso de acordo com adaptação proposta por Sauermann *et al* (2003). O espaçamento impede a interferência de transporte de sedimento entre uma armadilha e outra, bem como permite avaliar a relação de velocidade de preenchimento com o relevo. A coleta foi realizada por um período de 6,4 h, seis

horas e vinte e cinco minutos, aproximadamente, onde o material aprisionado foi posto em sacos plásticos, etiquetado, e levado a laboratório para pesagem, análise granulométrica e posterior cálculo de taxa de transporte.

Figura 4. Armadilhas eólicas



Fonte: Samuel Pessoa, Mailton Rocha, o autor.

O caminhamento da linha de costa foi feito na margem direita da foz do estuário do rio Coreau contornando a região que vai do *spit* arenoso até o fim da duna, na preamar de sizígia. Os dados foram registrados no GPS.

3.3. Etapa de Laboratório

A etapa de laboratório foi realizada no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR). (Figura 5)

Para análise granulométrica as amostras foram retiradas dos sacos plásticos e quarteadas, individualmente. Após o quarteamento foram pesadas 100 g de cada amostra e colocadas em potes de vidro. Em seguida foram levadas a estufa em temperatura de 60 °C por dois dias.

Retiradas da estufa, as amostras foram submetidas ao peneiramento úmido que consiste em lavar sob água corrente em peneira de malha 0,0062 mm para retenção do sedimento grosso e passagem da fração silte argila. Após a lavagem as amostras foram novamente levadas à estufa para secagem.

Seguida a retirada das amostras da estufa as amostras passaram por peneiramento mecânico. Estas foram colocadas em um jogo de 12 peneiras com malhas variando de 2,82 mm a 0,0062 mm e postas em um agitador mecânico do tipo “rot up”, por dez minutos, a fim de que fossem separadas as respectivas frações em cada peneira. Separadas as frações, foi realizada pesagem em balança de precisão das mesmas para obter a massa de sedimentos retidos em cada malha por amostra. A caracterização textural e classificação granulométrica foram feitas pelo método sedimentológico proposto por Suguio (1973) com análise estatística pelo software Anased.

Para o cálculo de massa de sedimentos transportados foi realizada pesagem em balança de precisão dos sedimentos aprisionados pelas armadilhas.

A média de sedimentos transportados por armadilha foi feita com a massa total obtida em cada armadilha individualmente. A partir da média foi feita um somatório da massa total de sedimentos transportados, multiplicando-se a média de massa transportada por armadilha pela quantidade de vezes que a armadilha foi preenchida por sedimentos durante o experimento.

Para o cálculo do volume de sedimentos transportados foi usada a fórmula 1, considerando as dimensões da área da base da armadilha que é a área da circunferência, fórmula 2, e altura que vai da base da armadilha até a borda inferior da primeira abertura de baixo para cima.

$$V = Ab \times h \quad (1)$$

$$Ab = \pi r^2 \quad (2)$$

Onde, Ab = área da base; h = altura, que vai da base inferior da armadilha até o limite inferior da primeira abertura de baixo para cima; $\pi = 3.14$; r =raio da secção circular perpendicular ao eixo longitudinal do cilindro.

A média de volume de sedimentos transportados foi realizada com base na quantidade de vezes que a armadilha foi preenchida durante o experimento.

Foi calculada, também, a taxa de transporte de sedimento em volume por unidade de tempo. Para tal fim foi feita uma relação do volume total transportado em cada armadilha (m^3), relacionando com o tempo total de experimentos realizados nas armadilhas (s). Dessa forma foi usada a unidade m^3/s para quantificar a taxa de transporte total no período de estio e chuvoso.

Figura 5. Etapas da análise sedimentológica. A. peneiramento mecânico. B. secagem das amostras em estufa. C. pesagem das amostras. D. peneiramento úmido. E. separação das frações retidas nas peneiras. F. pesagem em balança de precisão.



Para calcular a carga eólica obtida pelas armadilhas na etapa de campo, foram utilizadas duas fórmulas matemáticas que combinadas originaram uma fórmula simplificada. A primeira equação geral é composta pelos valores de massa de sedimentos coletados, a altura efetiva das aberturas das armadilhas e altura de referencia 1 m, equação (3a). A segunda equação utilizou valores de quantidade de sedimento por metro linear, tempo de preenchimento das armadilhas em cada experimento e o tempo de referência de uma hora, equação (3b). A partir das duas equações foi gerada uma simplificada (3c).

$$Q = m.h/\Delta h \quad (3a)$$

$$Qp' = Qp.t/\Delta t \quad (3b)$$

$$Qp' = m.h.t/\Delta h.\Delta t \quad (3c)$$

Onde Qp = é equivalente carga eólica em Kg.m^{-1} para o tempo de exposição de cada experimento; Qp' = é a carga eólica em Kg.m.h^{-1} ; h = a altura de referência de 1 metro; $\Delta h = 0.7$ m, altura da abertura dos coletores utilizados; m é a massa da amostra coletada na armadilha; t o tempo de referência utilizado de uma hora e Δt = o tempo de preenchimento de cada armadilha em cada experimento.

A confecção de um mapa para caracterizar a evolução da linha de costa da foz do estuário do Coreáú foi feita com uso do software *Global mapper* (Figura 6).

4. RESULTADOS

4.1. Transporte de sedimentos

O material coletado nas armadilhas na duna e no *spit* arenoso foram pesados em balanças de precisão obtendo-se os seguintes valores por armadilha (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Peso dos sedimentos coletados por armadilha na duna, no mês de outubro de 2012.

Armadilha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Massa (Kg)	0.80	0.79	0.79	0.74	0.82	0.71	0.77	0.73	0.74	0.80

Fonte: o autor

Tabela 2. Peso dos sedimentos coletados por armadilha no *spit*, no mês de outubro de 2012.

Armadilha	1	2	4	5	6	7	8	9
Massa (Kg)	0.22	0.20	0.28	0.34	0.64	0.24	0.47	0.41

Fonte: o autor

No *spit*, não houve retenção de sedimentos nas armadilhas 3 e 10 no período de estio.

Considerando-se os pesos retidos nas armadilhas foram obtidos os pesos médios transportados. Na duna a média de peso de sedimentos transportados foi de 0.77 Kg e, no *spit* a média da massa de sedimentos transportada foi de 0.35 Kg.

No período de estiagem o peso total de sedimentos transportados na duna e no *spit*, foi de 72.14 Kg, sendo 69.34 Kg a massa transportada na duna, representando 96.12% do total (Tabela 3). No *spit* arenoso, para o mesmo período, o total transportado foi de 2.80 Kg, representando 3.88% do total (Tabela 4).

Tabela 3. Peso de sedimentos transportados por armadilha na duna no mês de outubro 2012.

Armadilha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso (Kg)	6.16	6.1	6.93	7.70	6.16	7.70	7.70	7.70	6.16	6.93

Fonte: o autor

Tabela 4. Peso de sedimentos transportados por armadilha no *spit* no mês de outubro de 2012.

Armadilha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso (Kg)	0.35	0.35	0	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0

Fonte: o autor

Já no período chuvoso, o peso total transportado foi de 56.00 Kg, com contribuição total do material transportado na duna (Tabela 5). Foi considerado a mesma média de 0.77 Kg para cada armadilha, já que se trata do mesmo material sedimentar. Para o mesmo período não foi observado aprisionamento de sedimentos pelas armadilhas no *spit* arenoso. Um dos fatores que explicam a ausência de transporte são eventos de precipitação que promovem a retenção dos sedimentos e dificultam o transporte por saltação.

Tabela 5. Peso de sedimentos transportados na duna, no mês de março de 2013.

Armadilha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso (Kg)	5.40	4.62	6.93	6.16	6.16	5.40	6.93	6.16	5.40	4.62

Fonte: o autor

4.2. Volume de sedimentos transportados

Para o cálculo de volume sedimentos transportados foi considerado a média de volume da base das armadilhas. Com efeito $3.77 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ é o volume da base das armadilhas.

O volume sedimentar total, transportado no estio foi de $9.3 \times 10^{-2} \text{ m}^3$. O volume sedimentar nas dunas contribuíram com 96.8% do transporte sendo $9 \times 10^{-2} \text{ m}^3$. Já o volume transportado no *spit* foi de $3.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, representando 3.2 % do total transportado.

Tabela 6. Volume sedimentar transportado por armadilha na duna, outubro 2012.

Armadilha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Volume (m³)	3×10^{-3}	3×10^{-3}	3×10^{-3}	3×10^{-3}	3×10^{-3}	3.8×10^{-2}	3.8×10^{-2}	3.8×10^{-2}	3×10^{-3}	3.4×10^{-2}

Fonte: o autor

Tabela 7. Volume sedimentar transportado por armadilha no *spit*, outubro 2012.

Armadilha	1	2	4	5	6	7	8	9
Volume (m ³)	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴	4x10 ⁻⁴

Fonte: o autor

Entretanto, no período chuvoso houve uma redução de 25.7% do volume sedimentar transportado em relação ao período de estio. Os sedimentos transportados nas dunas tiveram toda a representatividade da amostragem com um total de 2.75x10⁻² m³. Não houve transporte de sedimentos no *spit*.

Tabela 8. Volume sedimentar transportado por armadilha na duna, março 2013.

Armadilha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Volume (m ³)	3.4x10 ⁻³	3x10 ⁻³	4.3x10 ⁻³	3.8x10 ⁻³	3.8x10 ⁻³	3.4x10 ⁻³	4.3x10 ⁻³	3.8x10 ⁻³	3.4x10 ⁻³	3x10 ⁻³

Fonte: o autor

4.3. Taxa de transporte de sedimentos

Para o cálculo da taxa de sedimentos transportados foram considerados o volume da base das armadilhas e o tempo de amostragem de cada experimento realizado nas armadilhas, 6,4 h = 22500 s.

Em relação à taxa de transporte sedimentar o valor no período de estio foi 1.6x10⁻⁶ m³/s. na duna foi calculado 1.46x10⁻⁶ m³/s e no *spit* 1.33x10⁻⁷ m³/s.

As tabelas 9 e 10 fornecem os valores de taxa de migração nas feições duna e spit por armadilha.

Tabelas 9 a) Taxa de transporte na duna e no *spit* (b) no mês de outubro de 2012.

Tabela 9 (a) Transporte na duna

Armadilha	Taxa transporte(m ³ /s)
1	1.34x10 ⁻⁷
2	1.34x10 ⁻⁷
3	1.34x10 ⁻⁷
4	1.34x10 ⁻⁷
5	1.34x10 ⁻⁷
6	1.67x10 ⁻⁶
7	1.67x10 ⁻⁶
8	1.67x10 ⁻⁶
9	1.34x10 ⁻⁷
10	1.5x10 ⁻⁶

Fonte: o autor

Tabela 9 (b) Transporte no *spit*

Armadilha	Taxa transporte (m ³ /s)
1	1.67x10 ⁻⁸
2	1.67x10 ⁻⁸
3	0
4	1.67x10 ⁻⁸
5	1.67x10 ⁻⁸
6	1.67x10 ⁻⁸
7	1.67x10 ⁻⁸
8	1.67x10 ⁻⁸
9	1.67x10 ⁻⁸
10	0

Tabela 10. Taxa de transporte da duna no mês de março de 2013.

Armadilha	Taxa Transporte (m ³ /s)
1	1.17x10 ⁻⁷
2	1.00x10 ⁻⁷
3	1.50x10 ⁻⁷
4	1.34x10 ⁻⁷
5	1.17x10 ⁻⁷
6	1.34x10 ⁻⁷
7	1.17x10 ⁻⁷
8	1.17x10 ⁻⁷
9	1.17x10 ⁻⁷
10	1.00x10 ⁻⁷

Fonte: o autor

Assim sendo no período chuvoso a taxa de migração corresponde ao total transportado na duna por unidade de tempo de amostragem. Taxa de migração da duna no período chuvoso, 1.22x10⁻⁶ m³/s.

4.4. Carga eólica

A carga eólica foi calculada a fim de se obter uma estimativa do transporte de sedimentos na duna, e observar sua variação de acordo com a sazonalidade dos ventos locais no período de chuva e estio. Com o propósito de se obter uma mensuração da homogeneidade da corrente eólica na crista da duna, foram comparadas as cargas eólicas nas armadilhas 2, 6 e 10 nos períodos estio e chuva. O *spit* não apresentou transporte de sedimentos no período chuvoso e, portanto não foi amostrado nas cargas eólicas.

As tabelas a seguir mostram a quantidade de experimentos e o intervalo de tempo a que cada armadilha foi submetida (preenchida) relacionando com a média massa coletada e a respectiva carga eólica.

Tabela 11 (a) Carga eólica transportada na armadilha 2, no estio e na chuva (b)

Tabela 11 (a) Carga eólica no estio

Experimento	h	Kg	Kg/m/h
Exp 01	1.92	0.78	0.58
Exp 02	1	0.78	1.11
Exp 03	0.92	0.78	1.21
Exp 04	0.42	0.78	2.65
Exp 05	1	0.78	1.11
Exp 06	0.5	0.78	2.23
Exp 07	0.33	0.78	3.38

Tabela 11 (b) Carga eólia na chuva

Experimento	h	Kg	Kg/m/h
Exp 01	1.58	0.78	0.71
Exp 02	1.25	0.78	0.89
Exp 03	1.17	0.78	0.95
Exp 04	1.25	0.78	0.89
Exp 05	0.67	0.78	1.66
Exp 06*	0.008	0.78	139.29

Fonte: o autor

Os dados da tabela 11, mostram que houve uma maior taxa de transporte no mês de outubro, mês correspondente aos ventos mais fortes do que no mês de março, época das chuvas. No mês de outubro período de estio a carga mínima foi de 0.58 Kg/m/h enquanto que a máxima foi de 3.38 Kg/m/h. a média do período foi de 1.75 Kg/m/h. No período chuvoso para a mesma armadilha os valores variaram entre mínimo de 0.71 a 1.66 Kg/m/h. a média para o período foi de 1.02 Kg/m/h.

Tabela 12 (a) Carga eólica calculada na armadilha 6 no estio e na chuva (b)**Tabela 12 (a)** Carga eólica no estio

Experimento	h	Kg	Kg/m/h
Exp 01	1.75	0.71	0.58
Exp 02	1.83	0.71	0.56
Exp 03	0.5	0.71	2.04
Exp 04	0.92	0.71	1.11
Exp 05	0.42	0.71	2.43
Exp 06	0.33	0.71	3.09
Exp 07	0.67	0.71	1.52
Exp 08	0.5	0.71	2.04
Exp 09	0.33	0.71	3.09

Fonte: o autor

Tabela 12 (b) Carga eólica na chuva

Experimento	h	Kg	Kg/m/h
Exp 01	2.25	0.71	0.45
Exp 02	2.08	0.71	0.49
Exp 03	1.08	0.71	0.94
Exp 04	0.92	0.71	1.10
Exp 05	0.58	0.71	1.75
Exp 06	1	0.71	1.01
Exp 07	0.25	0.71	4.06

Na armadilha 6 a maior taxa de transporte também foi no período de estio. A taxa mínima foi de 0.56 e o máximo foi de 3.09 Kg/m/h. A média foi de 1.83 Kg/m/h. Já no período chuvoso, mês de março, a taxa mínima foi 0.45 Kg/m/h enquanto que a máxima foi de 4.06 Kg/m/h. A média para o mesmo período foi 1.40 Kg/m/h.

Tabela 13 (a) Carga eólica calculada na armadilha 10 no estio e na chuva(b).**Tabela 13 (a)** Carga eólica no estio

Experimento	h	Kg	Kg/m/h
Exp 01	1.75	0.8	0.66
Exp 02	1.33	0.8	0.86
Exp 03	1.92	0.8	0.60
Exp 04	0.42	0.8	2.73
Exp 05	0.33	0.8	3.48
Exp 06	0.67	0.8	1.71
Exp 07	0.5	0.8	2.29
Exp 08	0.33	0.8	3.48

Fonte: o autor

Tabela 13 (b) Carga eólica na chuva

Experimento	h	Kg	Kg/m/h
Exp 01	2.58	0.8	0.44
Exp 02	1.08	0.8	1.06
Exp 03	1.17	0.8	0.98
Exp 04	0.92	0.8	1.25
Exp 05	1	0.8	1.15

O cálculo de taxas a armadilha 10 apresentou novamente maior taxa de transporte no período de estio. A taxa mínima foi de 0.60 Kg/m/h, enquanto que a máxima foi de 3.48 Kg/m/h. A média do período foi de 1.98 Kg/m/h. Já no período chuvoso a taxa mínima foi de 0.44 Kg/m/h enquanto que a máxima foi de 1.25 Kg/m/h. a média do período foi de 0.98 Kg/m/h.

4.5. Ventos

Em relação à aferição dos valores de ventos também houve variação em relação ao período de estiagem e chuvoso.

No período de estiagem a média da leitura, nas dunas foi de 16.3 m/s com mínimo de 9.2 m/s, e máximo de 20.4 m/s. A rajada nas dunas teve média de 14.6 m/s (Tabela 12).

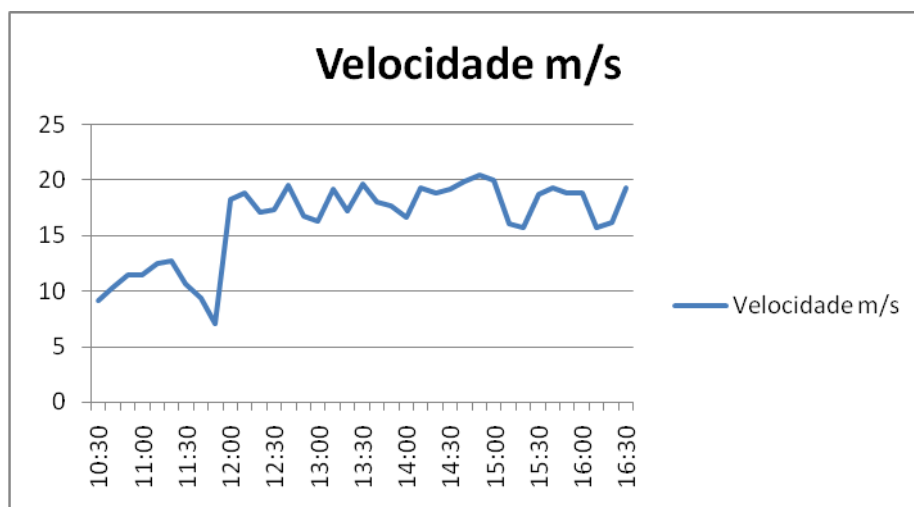
No *spit*, a média da leitura foi menor, 11.2 m/s. Com mínimo de 3.4 m/s e máximo de 16.8 m/s. A rajada teve média de 10.9 m/s (Tabela 13). Os gráficos 1 e 2 mostram a variação da velocidade do vento de acordo com o horário do dia, nas dunas e no *spit*, respectivamente, em outubro de 2012.

Tabela 14. Aferição dos ventos na duna em outubro de 2012.

Duna	Leitura (m/s)	Rajada (m/s)
Máximo	20.4	
Mínimo	9.2	
Média	16.3	14.6

Fonte: o autor

Figura 6. Variação da velocidade do vento na duna, outubro 2012.

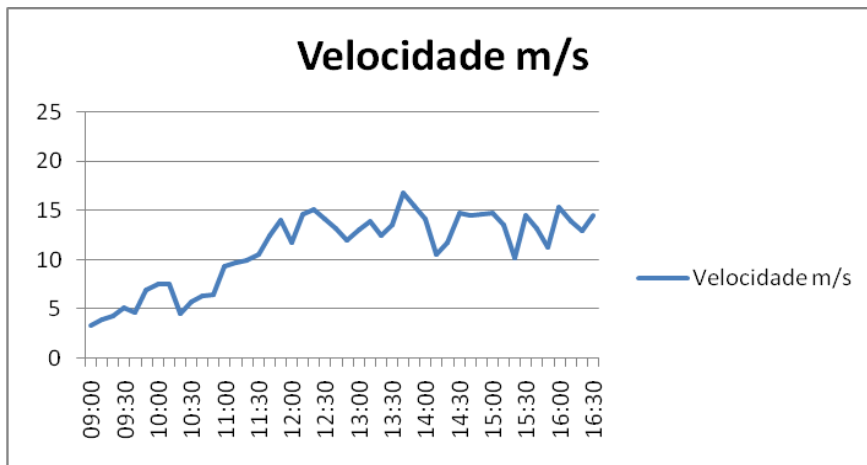


Fonte: o autor

Tabela 15. Aferição dos ventos no *spit*, em outubro de 2012.

Spit	Leitura (m/s)	Rajada (m/s)
Máximo	16.4	
Mínimo	3.4	
Média	11.2	10.9

Fonte: o autor

Figura 7. Variação da velocidade do vento no *spit*, outubro 2012.

Fonte: o autor

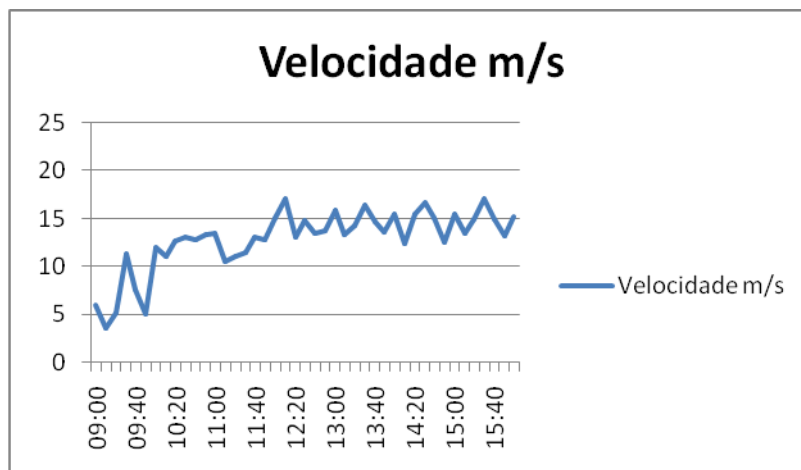
No período chuvoso a média de leitura e rajada para a duna e *spit* apresentou valores menores em relação ao mês de estiagem. Nas dunas foi de 12.85 m/s, com mínimo de 3.6 m/s e máximo de 17.1 m/s. A rajada na duna no mesmo período teve média de 12.07 m/s (Tabela 14).

No *spit* a média da leitura foi de 10.48 m/s com valor mínimo de 5.7 m/s e máximo de 13.2 m/s. Já a rajada no *spit* teve média de 9.5 m/s (Tabela 15). Os gráficos 3 e 4 mostram a variação da velocidade dos ventos na duna e no *spit*, respectivamente.

Tabela 16. Aferição dos ventos na duna, março de 2013.

Duna	Leitura (m/s)	Rajada (m/s)
Máximo	17.1	
Mínimo	3.6	
Média	12.8	10.9

Fonte: o autor

Figura 8. Variação da velocidade do vento, na duna, março 2013.

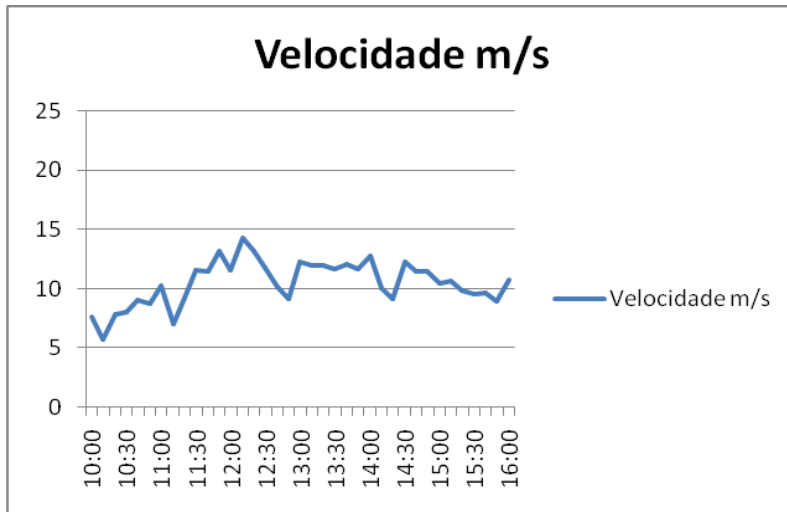
Fonte: o autor

Tabela 17. Aferição dos ventos no spit, março de 2013.

Spit	Leitura (m/s)	Rajada (m/s)
Máximo	13.2	
Mínimo	5.7	
Média	10.5	9.5

Fonte: o autor

Figura 9. Variação da velocidade do vento, no *spit*, março 2013.



Fonte: o autor

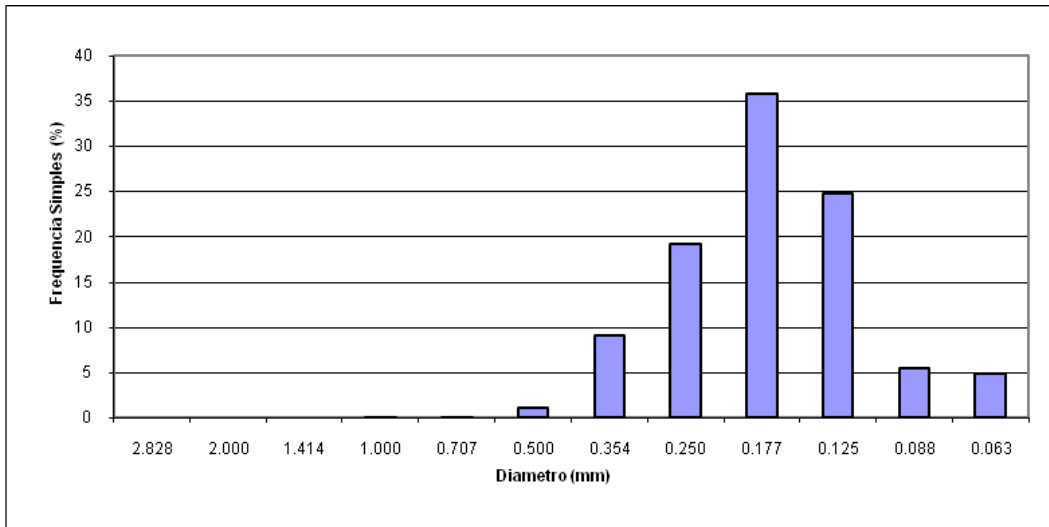
Em relação à direção do vento houve predominância dos ventos na direção NE, estimados a partir das *ripple-marks* observadas tanto na duna quanto no *spit* nos dois períodos de amostragem, chuva e estio.

4.6. Granulometria

Os resultados de granulometria de acordo com a classificação de Folk & Ward para as dunas e *spit* apresentaram grau de seleção, predominantemente moderadamente selecionado, e média com grãos do tipo areia fina.

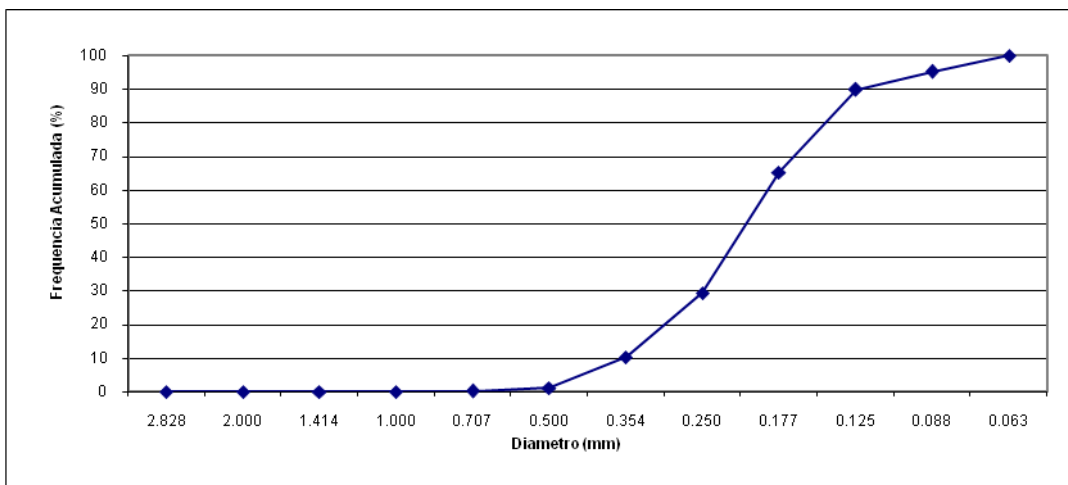
Nas dunas, a granulometria das amostras coletadas nas armadilhas de 1 a 10 apresentaram grau de seleção moderadamente selecionada com areias finas. Como mostram os gráficos de frequência simples e acumulada nas figuras 10 e 11, respectivamente.

Figura 10. Frequência simples de amostra coletada na duna.



Fonte: o autor

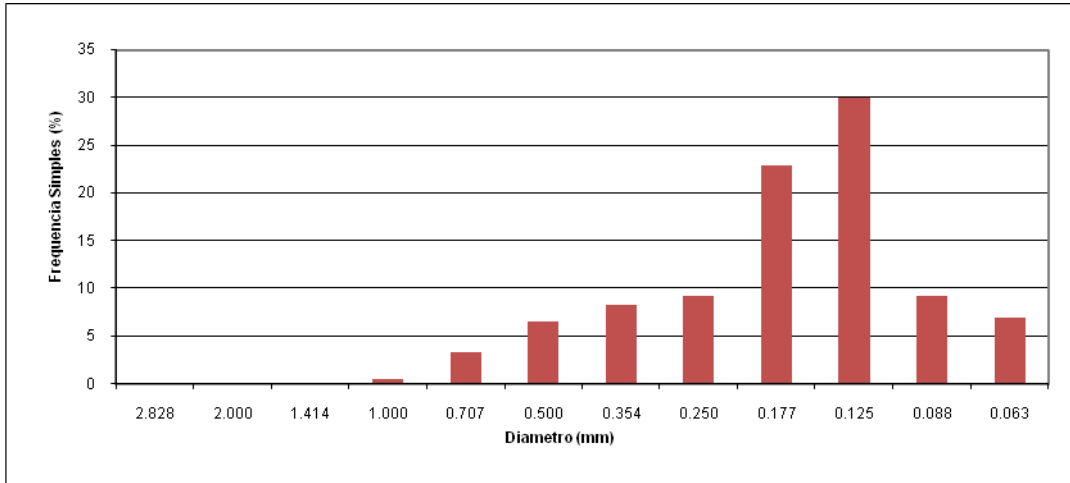
Figura 11. Frequência acumulada de amostra na duna



Fonte: o autor

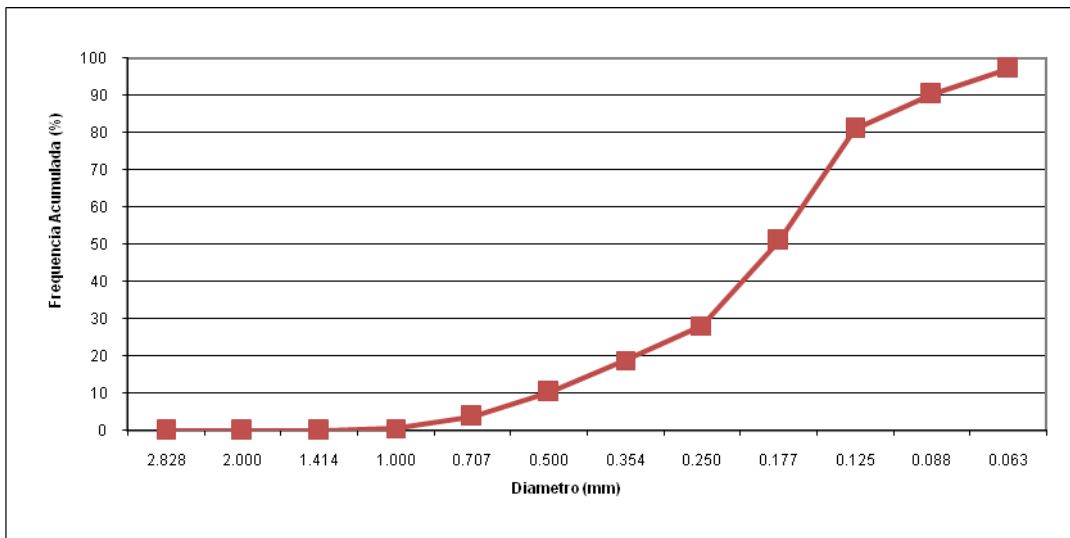
Já no *spit*, o grau de seleção predominante foi moderadamente selecionado, com areia fina e com presença de grãos pobremente selecionado com areia grossa. Figuras 12 e 13.

Figura 12. Frequência simples de amostra coletada no spit



Fonte: o autor

Figura 14. Frequência acumulada de amostra coletada no *spit*.



Fonte: o autor

4.7. Caminhamento Linha de Costa

Além do transporte eólico, outros processos contribuem na transferência de material dos sistemas de dunas e *spits* arenosos para o estuário, a exemplo dos regimes de inundação. Como pode ser observado em outubro de 2012, as marés de sizígia no período de equinócio provocaram maior projeção das massas d'águas do que na preamar do período chuvoso de março de 2013. Ao comparar as linhas de inundação com a imagem quickbird de 2011, percebe-se o avanço da cota de inundação na direção do continente. Neste caso a dinâmica eólica neste ponto exerce um papel importante no equilíbrio do balanço sedimentar.

Figura 15. Caminhamento de linha de costa



Fonte: o autor

5. DISCUSSÕES

A influência da sazonalidade da ZCIT no regime de precipitação atuou na variação da intensidade dos ventos fazendo com que no mês de outubro com ventos mais fortes, houvesse uma maior taxa de transporte de sedimentos em relação ao mês de março, época das chuvas. As aferições dos valores de ventos do tipo leitura e rajada corroboram a assertiva. A direção predominante dos ventos não alterou de acordo com a mudança das estações. Tanto no período chuvoso quanto no período seco a principal componente do vento foi direção NE.

As médias das cargas eólicas para as armadilhas 2, 6 e 10 no período de chuva e estio apresentaram valores maiores no período de estio dada a maior velocidade do vento e maior temperatura o que reduz o efeito da umidade no transporte por saltação. As médias para as armadilhas 2, 6 e 10 foram respectivamente 1.75 Kg/m/h, 1.83 Kg/m/h e 1.98 Kg/m/h mostrando que não houve diferença significativa entre as taxas das armadilhas. No período chuvoso as taxas apresentaram os menores valores devido a atuação da umidade como agente fixador dos sedimentos. As taxas para o período chuvoso nas armadilhas 2, 6 e 10 foram respectivamente: 1.02 Kg/m/h, 1.40 Kg/m/h e 1.15 Kg/m/h.

O fato de não haver diferença significativa entre as taxas de transporte para as três armadilhas 2, 6 e 10 sugerem uma homogeneidade na distribuição da corrente eólica.

As taxas do presente estudo apresentaram menor variação e menores médias em relação às calculadas por Malta & Amaral (2011) no litoral do rio Grande do Norte. Estes autores realizaram experimentos com fluxo de sedimentos em dunas do litoral de Jenipabu com armadilhas cujas aberturas variavam com a altura e encontraram taxas variando de 0.11 a 11.39 Kg/m/h entre os meses de setembro e dezembro.

Branco Lehugeur e Freire (2001) realizaram quantificação de transporte eólico em corpos dunares do litoral leste do Ceará e encontraram transporte mediano menores do que o presente estudo. Seus valores calculados foram para o base da duna 0.49 Kg/m/h e, para o topo 1.26 Kg/m/h.

As variações nos resultados obtidos para taxa de transporte entre os referidos estudos devem-se a diferenças de intervalo de tempo de realização dos

experimentos, as diferenças topográficas de cada feição de estudo e por fim as diferenças no tipo de armadilhas utilizadas nas coletas.

Não houve diferença significativa em relação às velocidades dos ventos aferidas nas dunas e no spit nos dois períodos de estudo. Exceto na duna no período de estio onde a média da velocidade foi de 16.3 m/s, no mesmo período a média velocidade do spit foi de 11.2 m/s semelhante ao que foi aferido na duna e no spit no período chuvoso, médias de 12.8 m/s e 10.5 m/s. Branco, Lehugeur, Freire (2001) aferiram valores inferiores de correntes eólicas em praias do litoral leste do Ceará com velocidades médias entre 4 e 7 m/s. Os mesmos autores registraram a direção dos ventos preferencial leste, com variações para nordeste.

Jimenez *et al* (1999), *apud* Sauermann (2003), registraram a intensidade de ventos por um período de 4 anos entre 1993 e 1996 na zona costeira de Fortaleza e observaram um regime fortemente sazonal com velocidades de vento menores na estação chuvosa média de 5.47 m/s e velocidades de ventos maiores na estação seca com média de velocidades de 7.75 m/s. Os mesmos autores não observaram um padrão sazonal claro na região. A direção predominante do vento foi leste na maior parte do ano. Ao longo do ano houve uma forte componente sul especialmente durante a estação seca.

Malta & Amaral (2011) estudando fluxo de sedimentos em dunas eólicas do litoral potiguar, Rio Grande do Norte, citam velocidades médias anuais dos ventos em 4.3 m/s, com as maiores médias mensais ocorrendo de agosto a novembro, e os menores em março e em abril.

Foi observado também a variação da intensidade dos ventos e sua relação com a temperatura induzida pelo sol. A partir de 9:00 h da manhã com temperaturas mais amenas o vento apresentou valores mais baixos aumentando até as 12:00 h. A partir das 12:00 h com o aumento da temperatura a tendência da velocidade do vento foi aumentar atingindo valores maiores estabilizando-se até as 16:00 h. Essa flutuação da velocidade do vento associada à variação da temperatura foi observada tanto no *spit*, quanto na duna. Maia (1998) encontrou resultados semelhantes nas dunas do Cauipe e Pecém nos anos de 1997 e 1998. Na localidade estudada foi observado que os ventos aumentavam pela manhã atingindo valores máximos até 13:00-14:00 h, passando a diminuir progressivamente até as 17:00 h.

Norsdtrom e Jackson (1993) *apud* Maia *et al* (2000), chamam atenção para o fato de que a forte predominância dos ventos durante o ano com poucas variações entre as direções nordeste e sudeste reduz a maior fonte de incertezas na avaliação de transporte eólico de sedimentos, i.e. a direção dos ventos.

A uma maior taxa de transporte de massa também esteve associada um maior volume de sedimentos transportados no mês de outubro/2012.

Muitos autores tratam a questão da quantificação de sedimentos transportados em metros por segundo para obter a taxa de migração da duna em volume por comprimento ao ano da feição estudada ($m^3/m/ano$). (e.g BRANCO, LEHUGER, FREIRE, 2001), (e.g. Maia *et al*, 2000).

Tanto volume quanto a massa e taxa de sedimentos transportados estão associados com a granulometria dos sub-ambientes de estudo. A maior contribuição de transporte eólico ocorreu na duna em função da granulometria fina, bem selecionada, desse pacote sedimentar ser mais susceptível ao transporte pelo vento. Em contraponto, o *spit* por apresentar granulometria mais grossa, a maior variação de sedimentos com diâmetros diferentes teve menor representatividade no transporte de sedimentos. Branco, Leugenheur e Freire (2001) encontraram uma relação positiva entre a migração de dunas de terceira geração constituídas de areias finas submetidas a ação contínua dos ventos com o transporte eólico.

A umidade provocada por uma precipitação no dia anterior à amostragem no período chuvoso agiu como fixador de sedimentos tanto na duna como no *spit* o que explica o maior índice de transporte de sedimentos no mês de outubro/12.

Carvalho, Maia, Dominguez (2006) realizaram um estudo de caracterização de processos de migração de dunas em praias na costa noroeste do estado do Ceará e obtiveram um comportamento inverso entre a taxa de migração de dunas e a pluviometria. Isso indica que o transporte eólico é favorecido pelo baixo volume de chuvas e declina à medida que aumenta a precipitação.

Davison-Arnott & Bauer (2009) realizaram estudos sobre transporte eólico de sedimentos, fluxos de vento, e variabilidade de alta frequência no parque nacional na Ilha Príncipe Edward, e verificaram que a variação na umidade da superfície exerce controle no limiar de transporte de sedimentos.

Associando os dados de taxas de transporte e do caminhamento de linha de costa e direção predominante do vento na direção NE, foi possível verificar uma

variação na margem direita da foz do estuário do Rio Coreaú com migração do material sedimentar duna e *spit* em direção a desembocadura do estuário.

Sauerman *et al*(2003) em seus estudos realizados em dunas barcanas em Jericoacara verificou através do comportamento dinâmico da duna que ela se move de forma invariável. Maia et al (2000), analisando migração de dunas barcanas ao longo do estado do Ceará encontraram uma forte relação entre a taxa de migração de duna sua altura e volume, i.e., quanto maior a duna menor será sua taxa de migração. Esta relação inversa entre tamanho da duna e sua taxa de migração pode ser usado com um indicador da existência de um estado de equilíbrio no campo de duna, i. e. o clima regional induz taxas de transporte similar no campo de duna, e a migração da duna é proporcional ao seu tamanho.

Branco, Lehueur, Freire (2001) caracterizaram os cordões dunares de Fortim Canoa Quebrada e Aracati como corpos arenosos avançando em direção ao continente no sentido NE/SW. A associação desses, direção do vento, fatores indica que há uma implicação do transporte de sedimentos eólicos na duna e no *spit* na desembocadura do estuário.

6. CONCLUSÃO

- O transporte eólico de sedimentos na desembocadura do estuário do rio Coreaú é influenciado por fatores climáticos, sazonalidade da ZCIT que atua na variação do regime de ventos e pluviosidade, bem como fatores intrínsecos locais como a composição textural dos sub-ambientes **spit** e duna.

-O método de mensuração de transporte eólico de sedimentos na duna e no *spit* foram eficazes, embora a dinâmica deste seja controlada principalmente por fatores como clima de onda, correntes de deriva e oscilações do nível do mar.

- As taxas de transporte e cargas eólicas apresentaram maiores valores no estio em função da velocidade do vento ser maior neste período em relação ao período chuvoso. Também a granulometria mais fina da duna teve papel preponderante na contribuição de um maior transporte de sedimentos na duna do que no *spit*.

- Ao período de estio, mês de outubro/12 estiveram associados as maiores médias de ventos, e maiores taxas e transporte de sedimentos e cargas eólicas. A média atingida pelo vento foi 16.3 m/s na duna, e a taxa de transporte apresentou média de 1.6×10^{-6} m³/s. As cargas eólicas tiveram médias 1.75 Kg/m/h, 1.83 Kg/m/h e 1.98 Kg/m/h para as armadilhas 2, 6 e 10 respectivamente.

- Ao período de chuvas, mês de março/13 estiveram associados as menores médias de ventos, e menores taxas de transporte de sedimentos e cargas eólicas. A média atingida pelo vento foi 10.5 m/s no *spit*, a média da taxa de transporte foi 1.22×10^{-6} m³/s, e cargas eólicas com médias 1.02 Kg/m/h, 1.40 Kg/m/h e 0.98 Kg/m/h para as armadilhas 2, 6 e 10 respectivamente.

- Em relação à caracterização textural os sedimentos encontrados no *spit* e na duna apresentaram grau de seleção predominantemente moderadamente selecionado com areia fina. Na duna todas as amostras tiveram grau de seleção moderadamente selecionado com média de areia fina. Já no *spit* houve predomínio de grãos

moderadamente selecionados com areias finas e duas amostras pobremente selecionadas com areias média e grossa.

-A análise do caminhamento de linha de costa na margem direita do estuário associado à direção predominante do vento revelou uma migração do pacote sedimentar em direção a desembocadura do estuário.

-A influência do transporte eólico no estuário do rio Coreau requer mais estudos numa série maior de tempo para verificar a real influência desse tipo de transporte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERT, P.; JORGE, G. Coastal changes in the Ebro delta: natural and human factors. **Journal of Coastal Conservation** 4, 17–26, 1998.

BRANCO, M. P. C.; LEHUGEUR, L. G. de O.; FREIRE, G. S. S. Aeolian transport on Canoa Quebrada beach, Aracati county, and Pontal do Maceió, Fortim County, Ceará State, Brazil. **Arquivos Ciências do Mar**. Fortaleza. 39: 99-105, 2001.

BASTOS, L.; BIO, A.; PINHO, J. L. S.; GRANJA, H.; da SILVA, A. J. Dynamic of Douro estuary sand spit before and after breakwater construction. **Estuarine Coastal and Shelf Science** 109: 53-59, 2012.

BRYAN, K.R.; KENCH, P. S.; HART, D. E. Multi-decadal coastal change in New Zealand: evidence, mechanisms and implications. **New Zealand Geographer** 64, 117 e 128, 2008.

CAMERON, W. M. & PRITCHARD, D. W. Estuaries (In): HILL, M. N. **The Sea**, Vol. 2. New York, John Wiley & Sons, p. 306-324, 1963.

CARVALHO, A. M.; MAIA, L. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; Caracterização do processo de migração das dunas de Flexeiras, Baleia, e Paracuru, Costa Nordeste do Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, 44: 39-52, 2006.

CARVALHO A. M.; MAIA L. P.; DOMINGUEZ J. M. L. Drift and littoral transport of sediments on the costal stretch between Cumbuco and Matões, Northwest Ceará State. **Arq. Ciências do Mar**, (1) 43-51, 2007.

DAVISON-ARNOTT, R. G. D.; BAUER, B. O. Aeolian Sediment Transport on a Beach: Threshold, intermitency, and high frequency variability. **Geomorphology**, (105) 117 – 126, 2009.

DILLENBURG, S. R.; HESP, P. F. Coastal barriers – an introduction, 1 – 15. In: Dillenburg, S R., Hesp, P. A. PA (Eds) **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barrier of Brasil**. Springer Publisher, N. Y. 380 p., 2009.

DYER, K. R.; **Estuaries**: a physical introduction. 2nd. Ed. New York, John Wiley & Sons, 195 p. 1997.

DOMINGUEZ, J., M. L. **The coastal zone of Brazil**. (In): Dillenburg, S, R.; Hesp, P., A. (Eds), **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. Springer Publisher, N. Y., pp. 17 – 52, 2009.

FAIRBRIDGE, R. W. The estuary: its definition and dynamic cycle. (In): Olausson, E. & Cauto, I. (Eds) **Chemistry and Biochemistry of Estuaries**, New York, John Wiley and Sons, p.1-35, 1980.

GOLDSCHMIDT, V.; Coastal dunes, p. 303-378, (In): Davis, R. A., Jr (ed.), **Coastal Sedimentary Environments**. Springer-Verlag, New York, 1985.

HAYES, M. O.; GOLDSMITH, V.; HOBBS, C. H. Offset coastal inlets. **Proceedings of Twelfth Coastal Engineering Conference, Washington**, chapter 75. American Society of Civil Engineers. 1970.

HEDGE, A. V.; RAVAENDRA, B. Short-term and long-term geomorphological dynamics of Mangalore spits using IRS-1A/1C data. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing** 28, 243 e 247, 2000.

HESP, P. Foredunes and blowout,: initiation, geomorphology and dynamics. **Geomorphology**, 48. 245-268, 2002.

HESP, P., A.; GIANNINI, C.; MARTINHO, C., T.; da SILVA, G., M.; NETO, N. E. **The Holocene Barrier System of Santa Catarina Coast, Southern Brazil**. (In): DILLENBURG, S. R.; HESP, P. A. (Eds), **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barrier of Brazil**. Springer Publisher, pp 93 – 133, 2009a.

HOUSTON, J.; EDMONDSON, S. E.; ROONEY, P. J. Coastal Dune Management: Shared Experience of European Conservation Practice. **Liverpool University Press**. 458, pp. 2001.

HUBARD, D. K.; Changes in inlet offset due to stabilization. **Proceedings of the fifteenth Coastal Engineering Conference, Honolulu**, chapter 105. American Society of Civil Engineers, 1976.

ILLENBERGER, W. K. & RUST, I.C. A sand budget for the Alexandria coastal dunefield, South Africa. **Sedimentology**, v.35, p. 513-521, 1988.

KUMAR, A.; NARAYANA, A.; JAYAPPA, K. S. Shoreline changes and Morphology of sand spits along southern Karnataka west coast of India: A remote sensing and statistics-based approach. **Geomorphology** 120 (2010): 133-152.

KRAUS, N. C.; Analytical model of spit evolution at inlets. **Proceedings of Coastal Sediments'99**, ASCE, pp. 1739–1754, 1999.

LIU, H.; TAJIMA, Y.; SATO, S. **Long-term monitoring on the sand spit morphodynamics at the Tenryu River mouth**. (In): Smith, J.M., Lynett, P. (Eds.), Proceedings of the 32nd International Conference on Coastal Engineering. Shanghai, China, pp. 1e15, 2010

MAIA, L. P. **Processos costeros y balanceo sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brazil): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral**. PhD, Thesis, Faculty of Geology, Universidad Barcelona, 1998.

MAIA, L. P.; JIMENEZ, J. A.; RAVENTOS, J. S.; MORAIS, J. O. Dune migration and aeolian transport along Ceará State, Brazil: Downscaling and upsacaling induced process. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, 33: 99-106, 2000.

MAIA, L. P.; FREIRE, J. S. S.; MORAIS, J. O. de; RODRIGUES, A. C. B.; PESSOA, P. R.; MAGALHÃES, S. H. O.; Dynamics of Coastal Dunes at Ceará State,

Northeastern Brazil: Dimensions and Migrate Rate. **Arquivos de Ciências do Mar**, 34: 11-22, 2006.

MALTA, J. V.; AMARAL, R. F. do. Experimento do fluxo de sedimentos em um segmento de campo de dunas eólicas costeiras de Jenipabu – Litoral Oriental do Rio Grande do Norte. **Revista da Gestão Costeira Integrada** 13(1): 61-78, 2013.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B.; **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. EDUSP: Universidade de São Paulo, p.1-413, 2002.

MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S.; PINHEIRO, L. S.; SOUZA, M. J. N. de; CARVALHO, A. M. de; PESSOA, P. R. S.; OLIVEIRA, S. H. M.: CEARÁ. (In): Dieter Muehe. (Org.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. 1ed. Rio de Janeiro: Ministério do Meio Ambiente (MMA), v. 1, p. 132-154, 2006.

NORDSTROM, K. F.; *Beaches and Dunes of Developed Coasts*. **Cambridge University Press**. 338 pp, 2000.

OTVOS, E. G.; Coastal Barries – nomenclature process, and classification issues. **Geomorphology**, 139-140, 39-52, 2012.

OTVOS, E. G.; Hurricane signatures and landforms – toward improved interpretations and global storm climate chronology. **Sedimentary geology** 239, 10-22, 2011.

PARTELI, E.J. R.; SCHÄWMLE, V.; HERRMANN, H. J.; MONTEIRO, L.H. U.; MAIA, L.P.; Profile measurement and simulation of a transverse dune field in the Lençóis Maranhenses. **Geomorphology**, 81: 29-42, 2006.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; Interferência de barramentos no regime hidrológico do estuário do rio Catu – Ceará – Nordeste - Brasil. **Sociedade & Natureza** (UFU. online), Vol. 22, p 237-250, 2010.

PITOMBEIRA, A. da S.; Comportamento migratório da embocadura e estuário do Rio Coreaú. **Arquivo de Ciências do Mar**, 16(2): 111 – 115, 1976.

PSUTY, N. P. Sediment budget and dune/beach interaction. **Journal of Coastal Research**, Special Issue nº 3: 1-4, 1988.

SAHKO, I.; MESNAGE, V.; DELOFRE, J.; LAFITE, R.; NIANG, I.; FAYE, G.; The influence of natural and anthropogenic factors on mangrove dynamics over 60 years: the Somone Estuary, Senegal. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 94, 93 e 101, 2011.

SANTALLA, I. R.; GARCÍA, M. J. S.; MONTES, I. M.; ORTÍZ, D. G.; CRESPO, T. M.; RAVENTOS, J. S. Internal Structure of the aeolian sand dunes of El Fangar spit, Ebro Delta (Tarragona Spain). **Geomorphology** 104, 238-252, 2009.

SAUERMAN, G.; ANDRADE, Jr. J. S.; MAIA, L. P.; COSTA, U. M. S.; ARAU'JOD, A. D.; HERMANN, H. J.; Wind velocity and sand transport on a barchan dune. **Geomorphology**, 154 p. 245-255, 2003.

SCHETTINI, C. A. F.; Caracterização Física do Estuário do rio Itajaí-Açu, SC. RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Vol 7, N 1, 123-142, Jan/Mar 2002.

SILVA, D. B. M. e; **Estudo da morfodinâmica e da morfologia de fundo da desembocadura do estuário do rio Coreaú, Camocim, Ceará**. 2013. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará.

SCHWARTZ, M. (Ed), 1982. The Encyclopedia of Beaches and Coastal. Enviroments. In: Fairbridge, R. (Ed), **Encyclopedia of Earth Sciences Series**, Vol. XV. Russ Rotch Publishing Company, USA, p. 940.

SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia**. Ed. Edgard Blucher Ltda 317 p. São Paulo, 1973.

SUURSAR, U.; JAAGUS, J.; KONT, A.; RIVIS, R.; TÕNISSON, H.; Field observations on hydrodynamic and coastal geomorphic processes off Harilaid Peninsula (Baltic Sea) in winter and spring 2006 e 2007. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 80. 31 e 41, 2008.

VITAL, H. The mesotidal barrier of Rio Grande do Norte. (In): Dillenburg, S. R.; Hesp, P., A. (Eds), **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers fo Brazil**. Springer Publisher, NY, pp. 289 – 323, 2009.

ZHANG, K.; LEATHERMAN, S.; Barrier island population along the U.S. Atlantic and Gulf coasts. **Journal of Coastal Research** 27, 356-363, 2011.