

Resultados preliminares do monitoramento em regime de alta frequência de um sangradouro na Praia do Cassino, Brasil – gênese e extinção.

Christian G. Serpa¹; José A. S. Fontoura²; Lauro Julio Calliari³; Miguel G. Albuquerque⁴; Anderson L. Baldez⁵

¹*Mestrando do Curso de Engenharia Oceânica – FURG, Rio Grande, RS – christianserpa@yahoo.com.br;*

²*Laboratório de Engenharia Costeira – FURG, Rio Grande, RS – fontoura@dmc.furg.br;*

³*Laboratório de Oceanografia Geológica – FURG, Rio Grande, RS – lcalliari@log.furg.br;*

⁴*Mestrando do Curso de Oceanografia Física, Química e Geológica – FURG, Rio Grande, RS – migueldaguia@gmail.com;*

⁵*Mestrando do Curso de Engenharia Oceânica – FURG, Rio Grande, RS – anderbaldez@gmail.com*

RESUMO: Os sangradouros são cursos d'água fundamentais para a drenagem da água acumulada na região de pós-dunas, que abastecem a zona de espraiamento com sedimentos arenosos. O trabalho em questão analisa a influência dos fatores climáticos, hidrogeológicos e sedimentares no rompimento do cordão de dunas frontais por sangradouros. A metodologia envolveu análise de dados meteorológicos; coletas de sedimentos para análise granulométrica e a elaboração de perfis e malhas superficiais e de nível do lençol freático. Foram obtidos resultados referentes à profundidade do lençol freático, à variação de volume de sedimentos na face da praia e ao mecanismo de abertura e fechamento do sangradouro. Observou-se que o comportamento do lençol freático é diferente no cordão de dunas e na face da praia, e que o fluxo do sangradouro foi interrompido pela ação de uma maré meteorológica.

PALAVRAS-CHAVE: sangradouros de praias; balanço hídrico costeiro; lençol freático costeiro; drenagem praiial.

ABSTRACT: The washouts are water sub-aerial flows essential to the drainage of the excess of water accumulated in the backshore zone that purvey of sediments the surf zone. This research analyzes the influence of the climatology and the hydrologic, geologic and sedimentary factors in the break of the foredunes field by washouts. The methodology involved analyzes of meteorological data; collecting of sedimentary samples to laboratorial tests of the grain size distribution and the elaboration of superficial meshes and side views of the groundwater table. The results obtained were the water table deep, the sediments volume variation and the opening and closing mechanism of the washout. Was seen that the behavior of the water table deep in dunes field is different than at the beach's face, and the washout's flux of water was interrupted by the action of a storm surge.

KEYWORDS: beach washouts; coastal hydrogeologic balance; coastal water table; beach drainage.

1. INTRODUÇÃO

A faixa litorânea do Estado do Rio Grande do Sul estende-se por mais de 600 km e apresenta características singulares em termos de hidrodinâmica e morfodinâmica. Segundo Carter (1988), a despeito da importância sócio-econômica e ambiental que possuem, as praias encontram-se entre os campos mais negligenciados do estudo científico dos ambientes costeiros. Observa-se nessa faixa uma extensa barreira arenosa, composta em sua maioria por sedimentos de graduação fina, submetida à ação intensa da hidrodinâmica costeira e de fatores meteorológicos e antrópicos, que tendem a modificar cíclica e permanentemente as características geomorfológicas e a linha de costa. Em todo o litoral riograndense, destacam-se apenas quatro “inlets”, que são responsáveis pela drenagem da água doce pluvial e fluvial vinda do continente. São eles a foz do Rio Mampituba, a desembocadura da Lagoa de Tramandaí, desembocadura da Lagoa dos Patos e a foz do Arroio Chuí. De extrema importância para a drenagem da água excedente ao longo da extensa costa são os sangradouros, canais naturais de escoamento das águas acumuladas na região de pós-dunas frontais, que apresentam comportamento sazonalmente diferenciado e são responsáveis pelas principais descontinuidades no cordão de dunas frontais e pela movimentação de grandes quantidades de sedimento para a zona de espriamento. Os sangradouros constituem importante mecanismo da morfodinâmica praias, porém são especialmente relevantes em praias com características semelhantes às da costa do Rio Grande do Sul, onde são notáveis em quantidade e dimensão. Visando elucidar o mecanismo responsável pela abertura, vida e extinção do sangradouro em questão, foram realizados levantamentos de campo diários com o objetivo de avaliar quantitativamente o volume sedimentar remobilizado no local, a variação da profundidade do lençol freático e a resposta da face da praia e do cordão de dunas frontais à ação dos eventos meteorológicos.

Os sangradouros são cursos d'água que atuam na drenagem de zonas úmidas originadas através do acúmulo de água doce de origem pluviométrica em regiões adjacentes à costa, que ocorrem geralmente atrás da linha de dunas frontais. Tais feições têm sua importância e impactos intimamente relacionados às características geomorfológicas da costa, sendo mais comuns e tendo maior dimensão em zonas de micro-maré com baixa declividade da barreira arenosa. Estudos relacionados aos sangradouros na costa do Rio Grande do Sul são recentes e datam das últimas duas décadas por (PEREIRA DA SILVA, 1998 e 2003), (FIGUEIREDO, 2002), (FIGUEIREDO & CALLIARI, 2005 e 2006) e (FIGUEIREDO et al. 2007). PEREIRA DA SILVA (1998) classifica os sangradouros de acordo com sua distribuição espacial, abastecimento de água e comportamento sazonal em três grupos: permanentes, intermitentes e efêmeros. FONTOURA (2004) relata a presença de sangradouros tanto ao norte quanto ao sul da desembocadura da Laguna dos Patos, e atribui sua presença aos períodos de maior precipitação.

- Os sangradouros classificados como permanentes apresentam fluxo d'água em direção à costa durante o ano todo, independentemente das condições climáticas e sazonais (PEREIRA DA SILVA, 1998);
- Os sangradouros rotulados como intermitentes caracterizam-se por apresentar fluxo d'água constante em determinados períodos do ano, tendo seu surgimento e extinção subordinados aos fatores climáticos sazonais e a eventuais eventos meteorológicos intensos (PEREIRA DA SILVA, 1998);

- Os sangradouros denominados efêmeros originam-se durante e após precipitações pluviométricas de grande intensidade, permanecendo abertos durante curto espaço de tempo, enquanto fizerem-se necessários à drenagem do excesso de água acumulado na região de pós-dunas frontais (PEREIRA DA SILVA, 1998).

Analisando suas feições morfológicas, PEREIRA DA SILVA (1998) classificou os sangradouros quanto ao tipo de canal por eles formado em: canais meandantes, canais anastomosados e canais retilíneos.

- Os canais meandantes ocorrem em praias com declividade suave e características dissipativas, onde um fluxo d'água de pequena intensidade forma sinuosos canais denominados meandros, sendo o tipo de fluxo e a largura de praia fatores que definem a quantidade de meandros do sangradouro (PEREIRA DA SILVA, 1998);
- Os canais anastomosados caracterizam-se pela formação de barras arenosas ao longo do leito do sangradouro, que obstruem parcialmente o fluxo d'água formando canais secundários (PEREIRA DA SILVA, 1998);
- Os canais retilíneos são caracterizados por fluxo d'água intenso e alta descarga sedimentar, e podem ser observados principalmente durante e após precipitações pluviométricas de grande intensidade (PEREIRA DA SILVA, 1998).

FIGUEIREDO et al. (2007) relaciona os sangradouros com outras formações semelhantes, que também ocorrem em situações onde a altura do lençol freático contribui para a erosão e para o aparecimento de canais de escoamento das regiões úmidas da pós-praia em direção à costa. Essas formações, tais como aberturas das lagoas de bolso no litoral norte do Rio Grande do Sul e lagoas intermitentemente abertas/fechadas (ICOLLS) na costa da Austrália, apesar de diferirem quanto à fonte de água e à magnitude do canal, são subordinadas aos mesmos fatores climáticos e hidrogeológicos dos sangradouros.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de pesquisa adotada para o presente trabalho compreende uma faixa litorânea de cerca de 25.000 m², localizada na praia do Cassino, conforme pode ser visto na figura 1. A praia do Cassino estende-se ao sul da desembocadura da Laguna dos Patos, a partir da qual se desenvolve uma extensa barreira arenosa com 220 km de extensão, limitada no extremo-sul pelo Arroio Chuí (TOZZI & CALLIARI, 2000). A praia oceânica da planície costeira do Rio Grande do Sul, com mais de 600 km de extensão, pode ser considerada como uma das mais extensas e contínuas praias arenosas do mundo (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992). A área de estudos foi escolhida levando-se em conta localização próxima à EMA, facilidade de acesso, características do cordão de dunas frontais, morfodinâmica da zona de surf e hidrologia intermitente do sangradouro formado no local. O sangradouro em estudo localiza-se no bairro Parque dos Cata-ventos, 11 km ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos, em área pouco urbanizada.

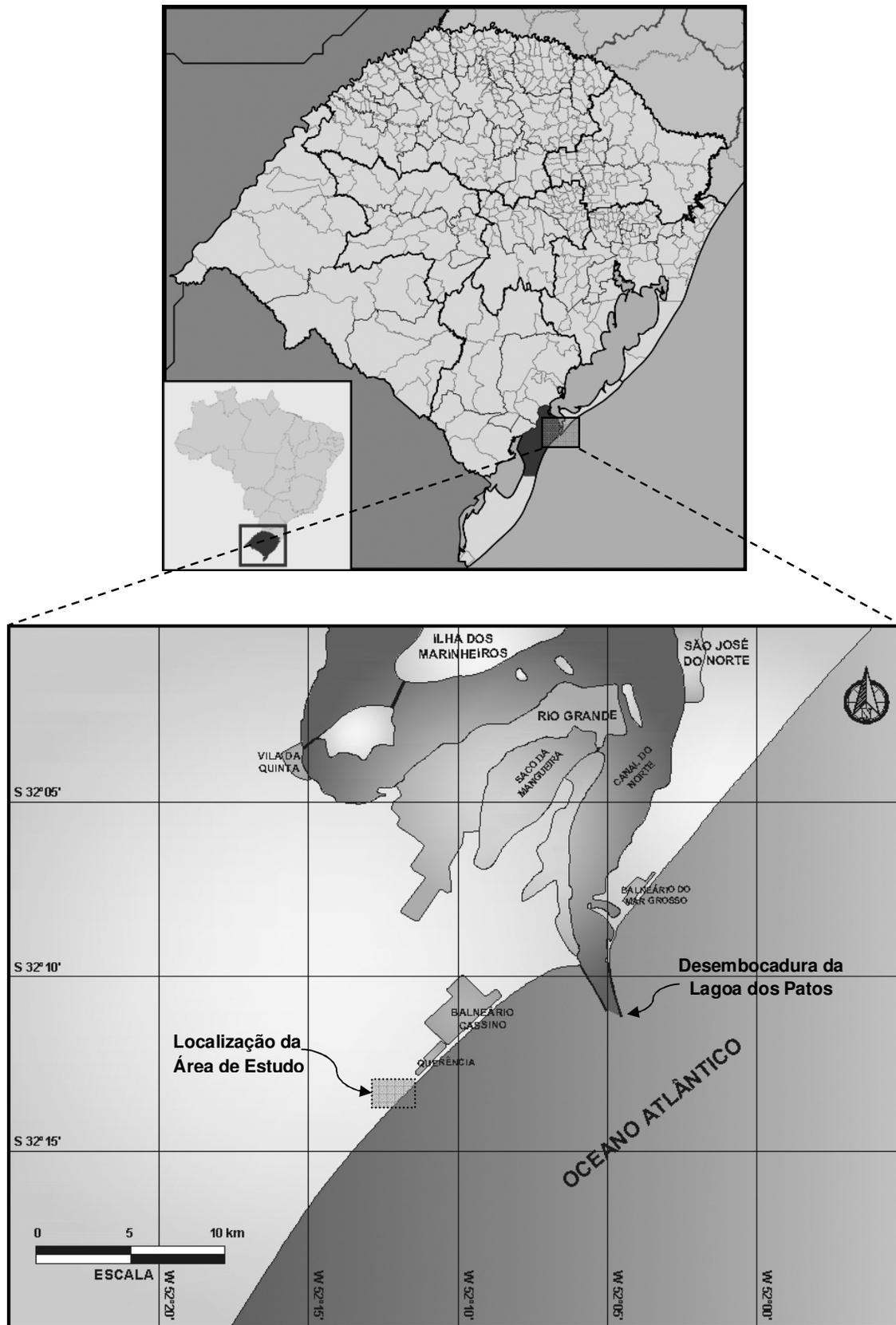


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

3. METODOLOGIA

3.1. Instalação dos poços de monitoramento

Foram instalados 3 poços de monitoramento do tipo “well” com 3 metros de profundidade cada (sendo destes cerca de 2,50 metros abaixo do solo), com o objetivo de monitorar as variações diárias e sazonais da profundidade do lençol freático, fator intimamente ligado ao escoamento superficial de águas pluviais, quando ocorre a saturação do solo. Os três poços de monitoramento foram instalados nas seguintes localizações: POÇO1 na duna posterior, POÇO2 na duna frontal e POÇO3 na berma (Fig 2).



Figura 2 – Foto aérea do sangradouro em estudo e localização dos poços instalados (Fonte: Google Earth, 2006).

A elaboração e a instalação dos poços de monitoramento (Fig 3) foram realizadas conforme sugerido por TURNER (1998). O procedimento para a elaboração dos poços consistiu na perfuração da parede de um tubo de PVC de 100 milímetros de diâmetro, com 2,5 milímetros de espessura, e no forramento do tubo com material geotêxtil filtrante MacDrain[®], fabricado em material não-tecido de poliéster, gentilmente doado pela empresa Maccaferri do Brasil Ltda. Cada poço teve metade de seu comprimento perfurado por broca de 6 milímetros de espessura, em 8 linhas dispostas ao longo do perímetro. Longitudinalmente as perfurações foram feitas de 5 em 5 centímetros, totalizando 240 cavidades por tubo. A instalação dos poços de monitoramento na área de estudo foi feita através da perfuração de um furo escavado no solo da praia com trado manual até o nível do lençol freático, e após através de sondagem com jato d’água com velocidade suficiente para fluidificar o solo, estabelecido por uma bomba movida à gasolina. Cabe observar que para a obtenção de um jato d’água com alta velocidade optou-se pelo uso de uma ponteira metálica de diâmetro reduzido na ponta do tubo de bombeamento. Para o “encamisamento” do furo de sondagem abaixo do nível do lençol freático, optou-se por um tubo guia de PVC de diâmetro interno maior que o dos poços de monitoramento acabados, portanto foi usado um tubo de 150 milímetros aberto nas duas pontas.

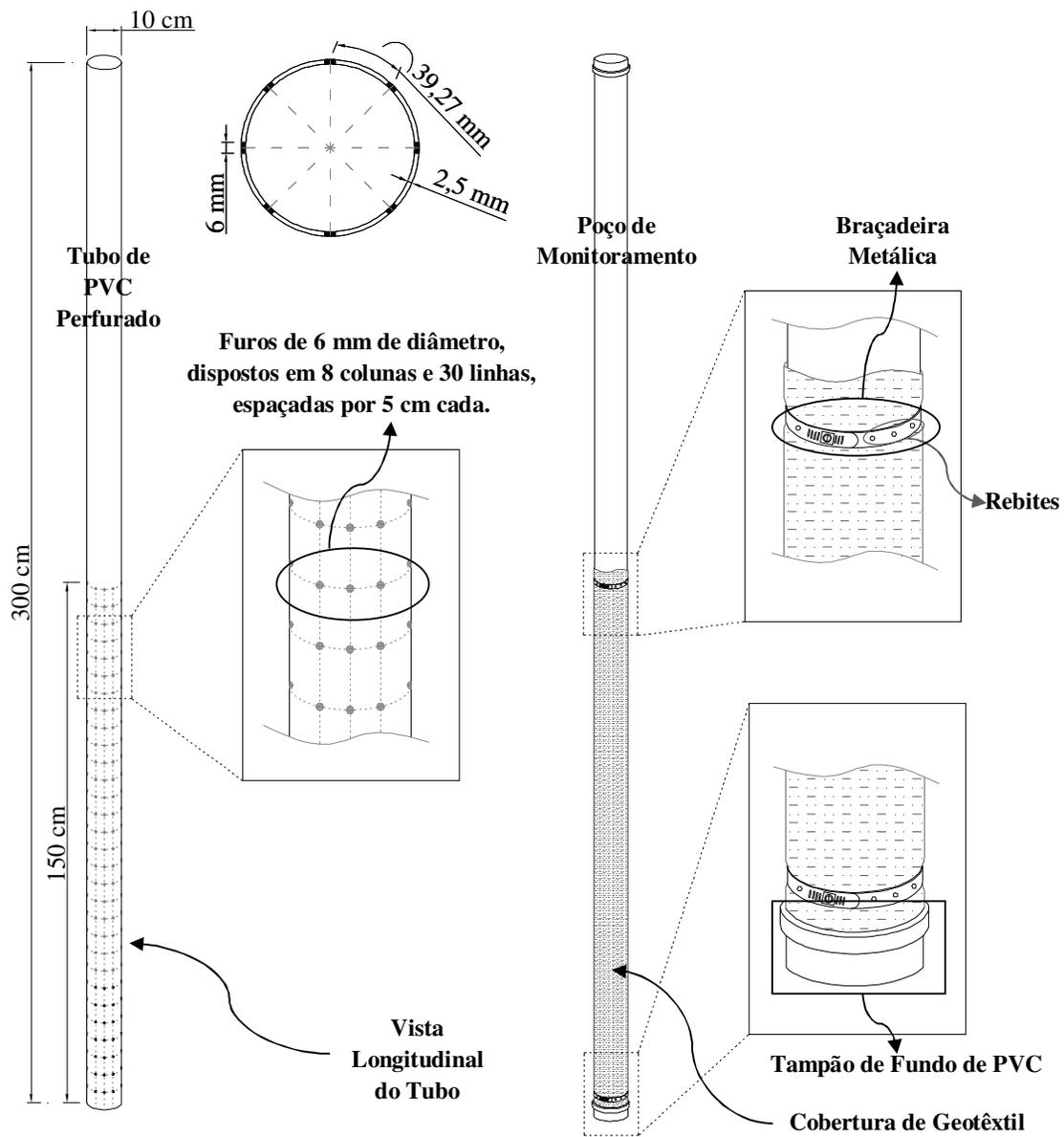


Figura 3 – Detalhes da elaboração dos poços de monitoramento.

3.2. Medição de profundidade do lençol freático

Tendo em vista avaliações qualitativas anteriormente descritas por Pereira da Silva (1998) e Figueiredo (2005), que indicam a profundidade do lençol freático como um dos fatores de importância na incidência e permanência dos sangradouros ao longo da costa, realizou-se medições periódicas do nível da água no interior dos poços de monitoramento. As medições foram realizadas através de trena metálica, com graduação principal em centímetros e secundária em milímetros, tomando como referencial um ponto da extremidade superior do poço, devidamente referenciado através de levantamento topográfico prévio.

3.3. Levantamentos topográficos e construção de mapas digitais do terreno

Foram realizados 8 levantamentos topográficos periódicos, cada um composto por 6 perfis perpendiculares à praia, que originaram uma malha de pontos cobrindo todo o leito do sangradouro e seus arredores. A execução dos perfis foi realizada com o auxílio de uma estação total marca Nikon, modelo DTM-330 e de uma baliza regulável equipada com um prisma refletor. As medições de cada perfil tiveram seu ponto inicial no cordão de dunas posteriores, sendo realizada uma medição a cada 20 metros (aproximadamente), terminando na linha média do espraiamento. Com os dados inferidos através dos levantamentos topográficos, foram realizadas interpolações com o auxílio do software SURFER 8, utilizando o método de interpolação linear denominado ‘Krigagem Simples’, considerado o mais conveniente para o formato da amostra e os resultados esperados.

3.4. Análise de dados meteorológicos

Buscando estabelecer correlações entre os dados morfodinâmicos do sangradouro e o clima local, foram analisados os registros meteorológicos advindos da Estação Meteorológica Automática de Rio Grande, da Estação Meteorológica Principal de Rio Grande e da Estação Meteorológica Campbell, instalada na EMA (Estação de Maricultura da FURG), cedidos pelo Departamento de Geociências da FURG.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através do monitoramento de alta frequência do lençol freático, realizada nos meses de outubro e novembro de 2007, notou-se grande variação em termos de profundidade conforme a situação do sangradouro (aberto ou fechado), e pequena variação devido aos fatores meteorológicos. A figura 4 apresenta a variação da altura do lençol freático durante 13 dias consecutivos em relação ao nível do mar na zona de espraiamento, medido com o auxílio de uma estação total. Pode-se observar que no dia 4 de novembro de 2007, com a elevação do nível do mar em virtude de fatores meteorológicos, houve uma alteração no comportamento do lençol freático, apresentando mudança no sentido de escoamento das águas subterrâneas. Durante os dias seguintes observou-se uma contínua elevação do nível do lençol freático, acompanhando a elevação do nível d'água do sangradouro. Cabe ressaltar que o poço 3, instalado na região da berma, apresenta resposta consideravelmente mais rápida às flutuações do nível do mar e do sangradouro do que os poços 1 e 2, instalados na região das dunas. Essa constatação reforça a teoria de que as dunas funcionam como “caixas d'água”, amortecendo a variação de nível do lençol freático e protegendo a região do pós-dunas frontais da penetração de água salgada durante a ocorrência de marés meteorológicas.

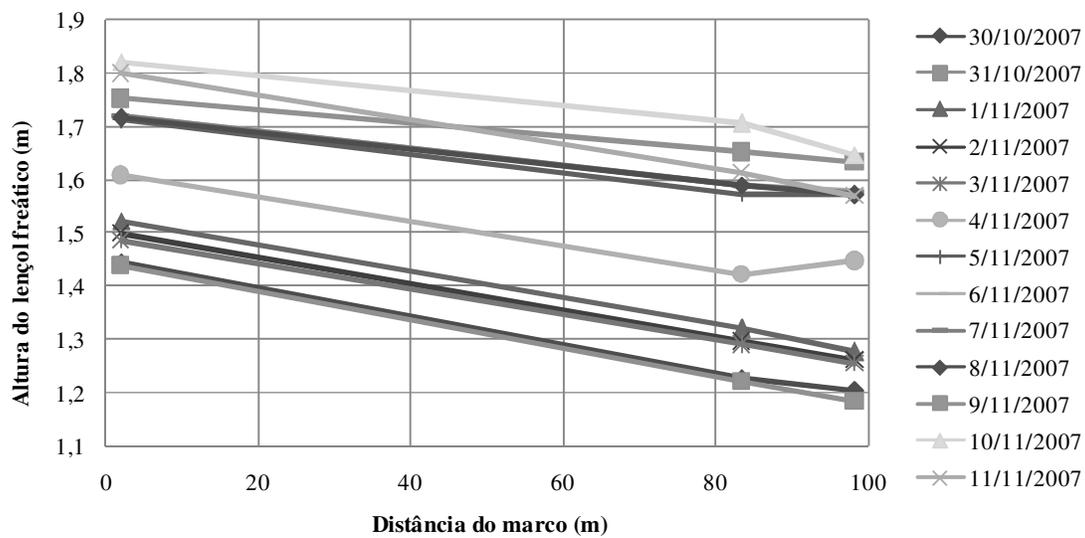


Figura 4 – Altura do lençol freático durante o período de estudos.

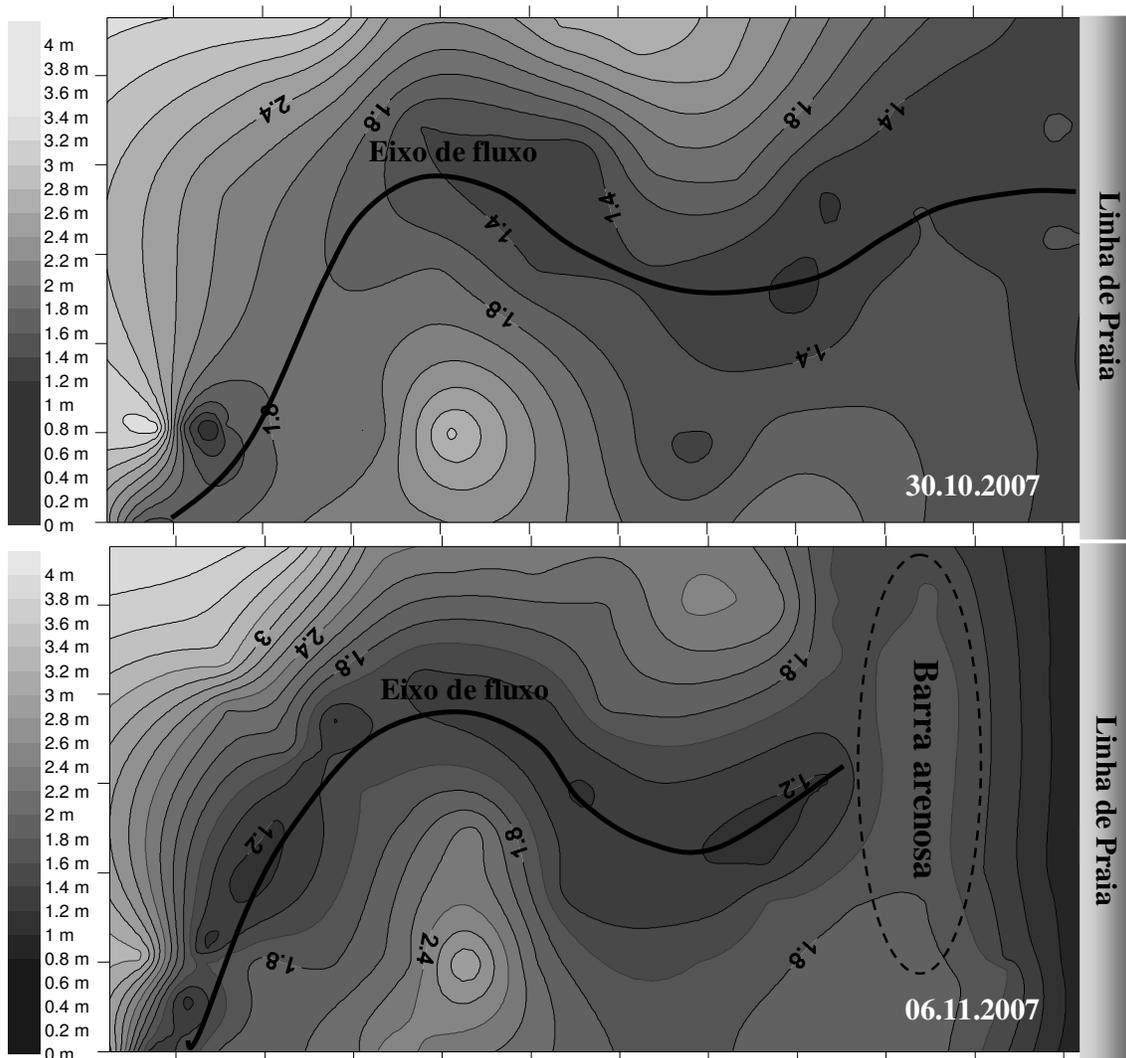
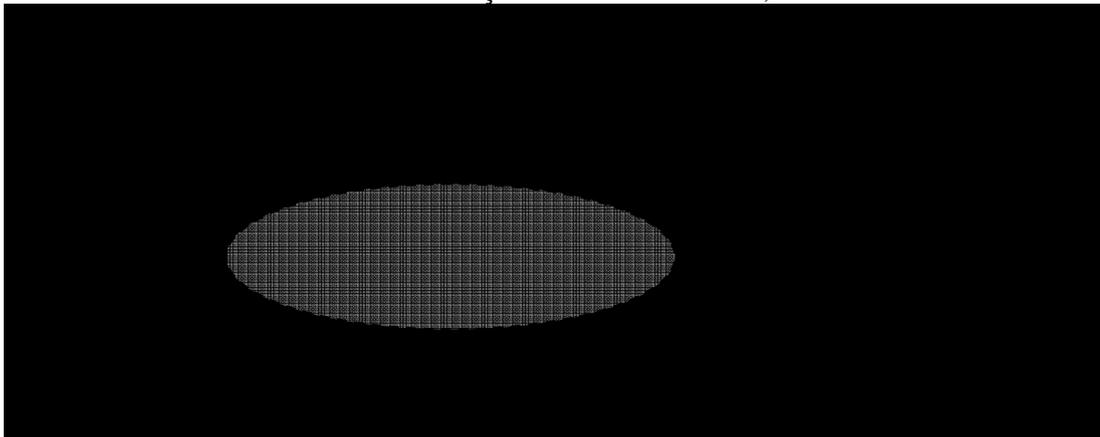


Figura 5 – Mapa digital do terreno antes e depois do fechamento do sangradouro.

Verificou-se nos mapas digitais do terreno (Fig 5), elaborados a partir dos levantamentos topográficos realizados nos dias 30 de outubro e 6 de novembro de 2007, a influência da elevação pontual da maré meteorológica no dia 4 de novembro de 2007, causando acúmulo de água na face da praia devido à presença de ondulações e ventos de sudoeste paralelos à costa. Tais fatores meteorológicos ocasionaram a invasão do sangradouro pela água do mar e a conseqüente interrupção do fluxo de água do sangradouro para a zona de surfe, devido ao surgimento de uma barra arenosa moldada pelas ondas durante a maré meteorológica. Calculando o volume de sedimentos para as duas situações diferentes, notou-se no dia 06.11.2007 um acréscimo de cerca de 60 metros cúbicos de sedimento em relação ao dia 30.10.2007.

Tabela 1 – Velocidade e direção do vento nos dias 3, 4 e 5 de outubro.



A tabela 1 evidencia uma variação pontual da intensidade e da direção do vento durante o período no qual o sangradouro teve seu fluxo interrompido pela formação da barra arenosa. Observa-se a direção do vento variando de NW para SW e S apenas no dia de ocorrência da maré meteorológica que, aliado à presença de ondulações e conseqüente intensificação do “wave set up”, gerou uma elevação do nível d’água na costa e a mobilização de sedimentos da face da praia e das dunas frontais.

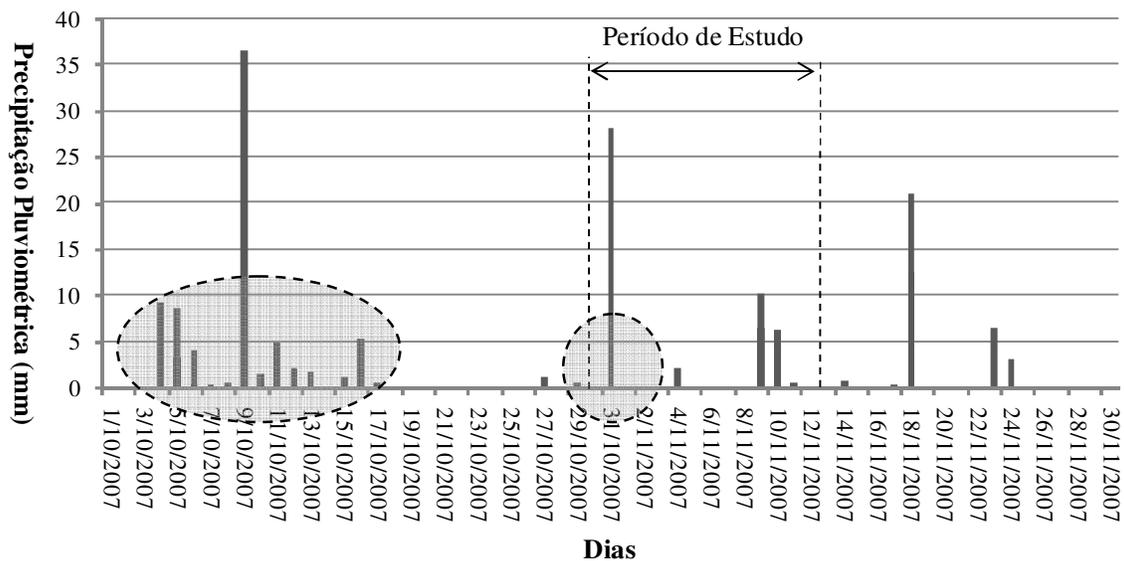


Figura 6 – Histograma das precipitações nos meses de outubro e novembro de 2007.

A figura 6 mostra as taxas de precipitação diárias nos meses de outubro e novembro de 2007, onde nota-se um período de alta pluviometria entre os dias 4 e 16 de outubro e um pico isolado no dia 31 de outubro. Tais índices pluviométricos refletem na elevação gradual do nível do lençol freático (Fig 4) durante o período de estudo, que foi potencializada pelo fechamento e represamento do fluxo do sangradouro. Cabe salientar que a elevação dos níveis do lençol freático devido a períodos de intensa pluviosidade promove condições de saturação do solo da praia, capazes de potencializar o impacto das marés meteorológicas.

Com o objetivo de estimar a origem dos sedimentos que compuseram a barra arenosa que fechou o sangradouro, foi realizada a coleta de 4 amostras de sedimentos em pontos distintos da área de estudo. A figura 7 indica os pontos de coleta de amostras de sedimentos.

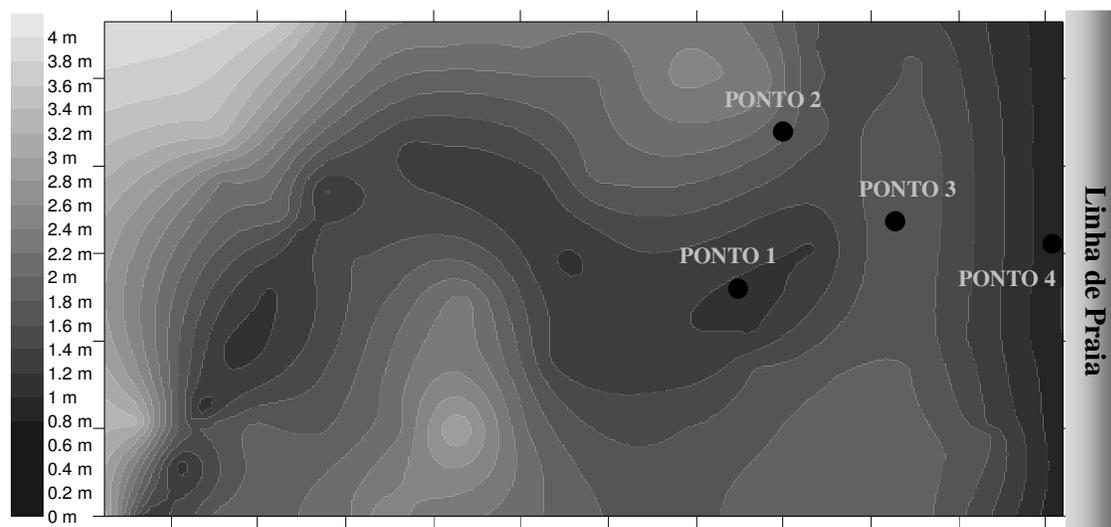


Figura 7 – Localização dos pontos de coleta de sedimentos no dia 06.11.2007.

As amostras foram coletadas no dia 06.11.2007, nos seguintes pontos: Ponto 1, amostra coletada dentro do leito do sangradouro; Ponto 2, amostra coletada na base das dunas embrionárias escarpadas durante a maré meteorológica; Ponto 3, amostra coletada da barra arenosa formada na face da praia; Ponto 4, amostra coletada na zona de espriamento.

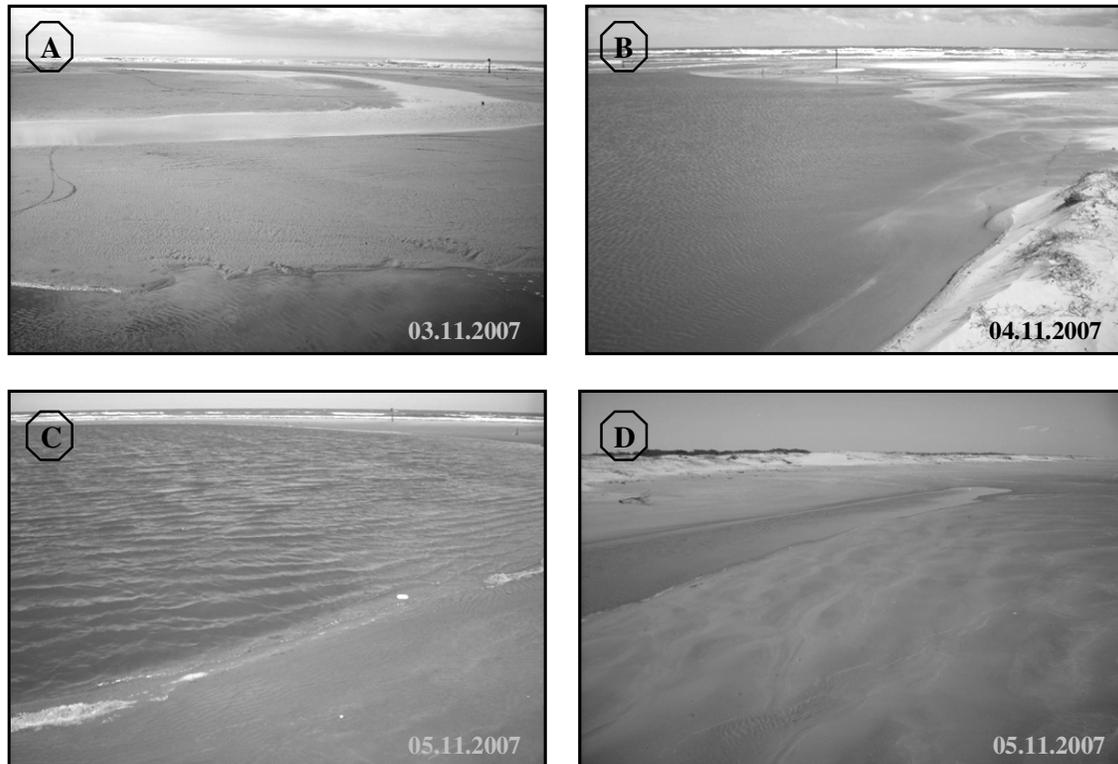


Figura 8 – Imagens da face da praia antes, durante e após a maré meteorológica.

A figura 8 mostra a situação da face da praia durante 3 dias consecutivos, período de variações morfodinâmicas significativas que interromperam o fluxo do sangradouro. Na foto “A” tem-se o sangradouro meandrante no dia 3 de outubro, com fluxo reduzido apesar da intensa pluviometria do mês anterior. A foto “B” mostra a incidência de uma maré meteorológica no dia 4 de outubro, ocasionada pela ação de ventos e ondas, elevando o nível do mar que invade o leito do sangradouro e altera a posição das zonas de surf e de espraçamento. Na foto “C” podem-se observar as condições da face da praia no dia 5 de outubro, após o recuo do mar, mostrando que grande volume de água permanece represado. A foto “D” mostra em detalhe o fluxo do sangradouro interrompido pelo surgimento de uma barra arenosa na face da praia, anteriormente cortada pela calha do sangradouro.

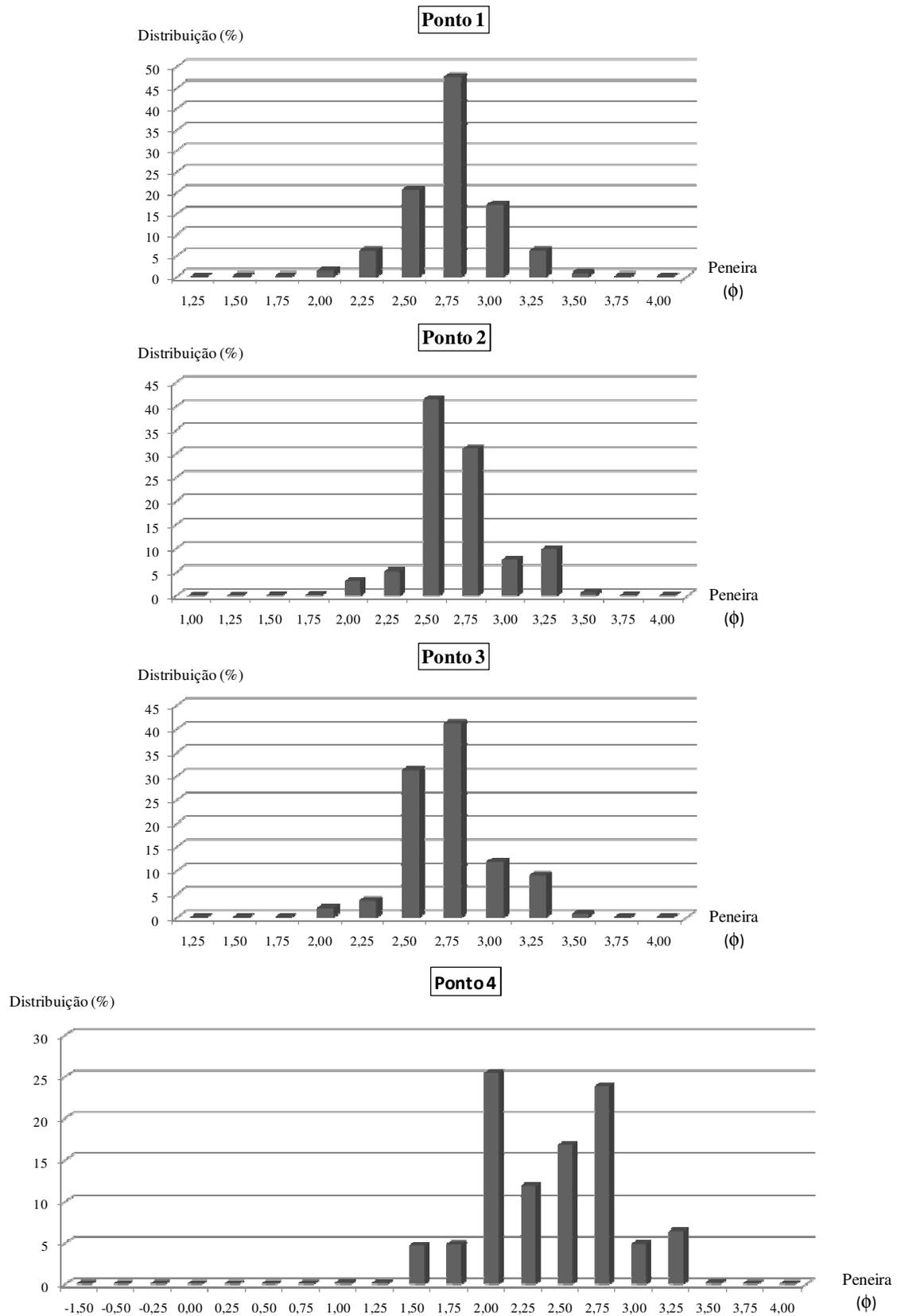


Figura 9 – Distribuição granulométrica simples das amostras coletadas em 06.11.2007.

A figura 9 mostra os histogramas de distribuição granulométrica das amostras analisadas em laboratório. Os resultados obtidos na análise laboratorial das amostras de solo sugerem uma semelhança entre as amostras dos Pontos 2 e 3, reforçada no laboratório através de análise táctil-visual que constatou a presença de minerais pesados apenas nas amostras dos Pontos 2 e 3, correspondentes respectivamente às dunas escarpadas e à barra arenosa.

5. CONCLUSÕES

Com base em observações realizadas ao longo do ano, em dados meteorológicos e nas informações obtidas nas saídas de campo realizadas nos meses de outubro e novembro de 2007, pôde-se constatar que o sangradouro em estudo tem duração intermitente, tendo sua gênese durante os meses de outono e inverno, e seu fechamento durante os meses de primavera e verão.

Observou-se que na área de ocorrência do sangradouro em estudo que o cordão de dunas frontais não mais se re-estabeleceu mesmo durante os meses de verão, e o fluxo de água foi interrompido através da formação de barras arenosas na região da berma, mantendo-se uma falha permanente no cordão de dunas frontais. Esse parece ser um comportamento generalizado entre alguns sangradores permanentes e intermitentes da praia do Cassino, principalmente quando tais corpos d'água são responsáveis pela drenagem de grandes áreas. A constante impermeabilização do solo causada pela urbanização da região do pós-dunas contribui para o aumento da vazão dos atuais e para o surgimento de novos sangradores, visto que a infiltração natural do solo é reduzida.

Com base nos dados de profundidade do lençol freático, inferidos durante os 13 dias de pesquisa em regime de alta frequência, notou-se que o lençol freático nas dunas comporta-se de maneira diferente da berma, sendo mais estável nos poços de monitoramento 1 e 2 e mais dinâmico no poço de monitoramento 3.

Todos os dados levantados e as observações de campo apontam a maré meteorológica ocorrida no dia 04.11.2007 como a grande responsável pela interrupção do fluxo do sangradouro.

Os levantamentos topográficos e o resultado da sedimentologia sugerem uma mobilização dos sedimentos das dunas embrionárias para a face da praia, que assoreou a calha do sangradouro e criou uma barreira arenosa ao escoamento do sangradouro.

BIBLIOGRAFIA

1. CARTER, R.W.G. *Coastal Environments - An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines*. Academic Press, 1988.
2. FIGUEIREDO, S. A. *Distribuição Espaço-Temporal dos Sangradouros na Costa Gaúcha no Trecho São José do Norte – Farol de Mostardas*. Rio Grande, 2002. Monografia (Graduação), Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Oceanografia.
3. FIGUEIREDO, S. A. & CALLIARI, L. J. *Distribuição Espacial, Variação Sazonal, Padrões Morfológicos e Implicações no Gerenciamento Costeiro*. In: Gravel, No. 3, p. 47-57, Porto Alegre, 2005.
4. FIGUEIREDO, S. A. & CALLIARI, L. J. *Washouts in the central and northern littoral of Rio Grande do Sul State, Brazil: distribution and implication*. In: Journal of Coastal Research, SI 39: p. 366-370, 2006.
5. FIGUEIREDO, S. A.; COWELL, P. & SHORT, A. D. 2007. *Intermittent backbeach discharge to the surfzone: modes and geomorphologic implications*. In: Journal of Coastal Research, SI 50: p. 610-614, 2007.
6. FONTOURA, J. A. S. *Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos Molhes da Barra do Rio Grande, RS, Brasil (Aplicação às praias do Cassino, Mar Grosso e adjacências dos Molhes Leste e Oeste da desembocadura do estuário da Lagoa dos Patos)*. Porto Alegre, 2004. Tese de Doutorado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). 223p.
7. PEREIRA DA SILVA, R. *Ocorrência, distribuição e características morfodinâmicas dos sangradouros na zona costeira do Rio grande do Sul: trecho Rio Grande - Chuí, RS*. Porto Alegre, 1998. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 146p.
8. PEREIRA DA SILVA, R. *Comportamento Morfodinâmico dos Sangradouros Entre a Praia do Cassino e Chui, RS*. Rio Grande, 1995. Monografia de Graduação, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Oceanografia. 36p.
9. PEREIRA DA SILVA, R. *The influence of washouts on the erosive susceptibility of Rio Grande do Sul between Cassino and Chuí beaches, Southern Brazil*. In: Journal of Coastal Research. SI 35, p. 332-338, 2003.
10. TOMAZELLI, L. J. & VILLWOCK, J. A. *Algumas considerações sobre o ambiente praias e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 1992. Pesquisas, 19(1): p. 3-12.
11. TOZZI, H. A. M. & CALLIARI, L. J. *Morfodinâmica da praia do Cassino, Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2000. Pesquisas, 27(1): p. 29-42.
12. TURNER, I. L. *Monitoring groundwater dynamics in the littoral zone at seasonal, storm, tide and swash frequencies*. In: Coastal Engineering, 35, p. 1-16, 1998.
13. VILLWOCK, J. A. & CALLIARI, L. J. *Geologia costeira do Rio Grande do Sul*. Notas Técnicas, 8: p. 1-45.