

# MONITORAMENTO CONTÍNUO DE PERFIS DE PRAIA: QUANTIFICAÇÃO DA EROSIÃO OCASIONADA POR ONDAS DE TEMPESTADE E RECUPERAÇÃO NATURAL DO ESTOQUE SEDIMENTAR, LITORAL DO RIO DE JANEIRO

Silvio Roberto de Oliveira Filho<sup>(a)</sup>, Guilherme Borges Fernandez<sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, silviooliveira@id.uff.br

<sup>(b)</sup> Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, guilhermefernandez@id.uff.br

**Eixo:** DINÂMICA E GESTÃO DE ZONAS COSTEIRAS

## Resumo

O monitoramento contínuo de praias tem como finalidade conhecer a morfodinâmica, analisar a evolução a curto e médio prazo da linha de costa e ainda detectar eventos anômalos ao clima de ondas, como ressacas excepcionais. O objetivo central desse trabalho foi mostrar a importância do monitoramento contínuo de praia para detecção e análise de impactos ocasionados por ondas de tempestade, bem como quantificar o tempo de recuperação, de duas praias arenosas, após uma tempestade excepcional em abril de 2010. As praias do Però (intermediária/dissipativa) e Rio das Ostras (refletiva) foram analisadas quanto a variação volumétrica pré e pós-tempestade. Os resultados apontam que em condições morfodinâmicas refletivas, a praia encontra-se mais vulnerável, em decorrência da ausência de bancos arenosos. Apesar disso, a recuperação tende a ocorrer numa maior taxa volumétrica mensal, onde ondas de bom tempo transportam os sedimentos, dos bancos arenosos criados pela tempestade, novamente para a praia.

**Palavras chave:** morfodinâmica de praia, resiliência costeira, erosão costeira.

## 1. Introdução

Praias são ambientes extremamente dinâmicos, que estão, em sua maior parte, em constante alteração da morfologia e volume de sedimentos. Essa constante mudança, tanto na praia como na antepraia, ocorre devido às variações nas condições de ondas (altura, período e direção) e, em alguns casos, das marés, principalmente quando estas sofrem uma sobrelevação ocasionada por fatores meteorológicos.

A resposta de uma praia em relação às variações das condições meteorológicas e oceanográficas é governada pelas características fisiográficas locais, como característica dos sedimentos (abundância e distribuição do tamanho do grão), batimetria da plataforma, configurações geológicas, história de variação relativa do nível do mar (Masselink e Heteren, 2014) e morfodinâmica local.

Conhecer o comportamento de uma praia é parte importante quando se trata de planejamento e gestão na zona costeira. Para entender o comportamento de uma praia é necessário que haja um monitoramento



contínuo desse ambiente, com a finalidade de levantar dados que, corroborados entre si, apontem sua tendência de evolução à curto prazo, garantindo prognósticos mais acurados.

O monitoramento contínuo de praias tem como finalidade elaborar a caracterização morfodinâmica e analisar a evolução da linha de costa, verificando em todos os trechos litorâneos, as tendências de erosão, progradação ou estabilidade em termos morfológicos e volumétricos. Além disso, é possível ainda detectar eventos anômalos ao clima de ondas, como ressacas excepcionais, que podem ocorrer numa escala de tempo de aproximadamente uma ou mais décadas.

Essas tempestades excepcionais são responsáveis por rápidas modificações na morfologia e no volume de sedimentos, quando ondas com mais energia erodem o perfil subaéreo da praia, transportando os sedimentos em direção ao oceano, criando muitas vezes, bancos arenosos na antepraia, intercalados por calhas.

Em abril de 2010, o elevado gradiente de pressão ocasionado por um sistema ciclônico próximo ao Rio de Janeiro gerou ondas de até 4,7m, ocasião essa que provocou a erosão de várias praias do litoral fluminense, principalmente as praias que se encontram expostas para sudeste (Bulhões *et al.* 2010; Fernandez *et al.*, 2011). O monitoramento contínuo de perfis de praia efetuado pelo Laboratório de Geografia Física (LAGEF) da Universidade Federal Fluminense (UFF) nas praias da região centro-norte do litoral fluminense subsidiou as condições pré-tempestades, imprescindíveis para quantificar a erosão subaérea provocada pela tempestade, bem como para acompanhar o tempo de recuperação parcial e total de cada uma das praias.

O objetivo central desse trabalho é mostrar a importância do monitoramento contínuo de praia para detecção e análise de impactos ocasionados por ondas geradas por tempestades, em praias expostas, bem como quantificar o tempo de recuperação de praias arenosas durante condições de mar bom tempo. Essas informações são importantes para avaliar se essas praias são resilientes ou não, frente à ondas com maior energia, geradas por tempestades excepcionais.

## 2. Área de Estudo

A área de estudo está localizada na região centro-norte fluminense, abrangendo duas praias: Però no município de Cabo Frio; e, Rio das Ostras no município de mesmo nome (Figura 1). A praia do Però possui características morfodinâmicas intermediárias, com tendência ao estado dissipativo, dunas frontais bem desenvolvidas, com altimétrica máxima de 7,70 m na porção centro-norte e média de 4,5 m no restante da praia (Oliveira Filho, 2011). A praia de Rio das Ostras possui características morfodinâmicas



essencialmente refletivas, submetidas à ondas de alta energia. Apresenta duna frontal não tão desenvolvida, entretanto com altimetria elevada, 6,5 m na porção central da praia e em média 5 m no restante da praia (Oliveira Filho, 2016).

O monitoramento contínuo de perfis de praia foi iniciado no ano de 2007, para ambas as praias. A praia do Però possui 4 pontos de monitoramentos e a praia de Rio das Ostras 3 pontos. Os critérios adotados para delimitação dos pontos de monitoramento levaram em consideração as condições fisiográficas locais, como largura da praia, altimetria da duna frontal, presença de vegetação na duna frontal, alinhamento da costa e áreas ocupadas por urbanização.

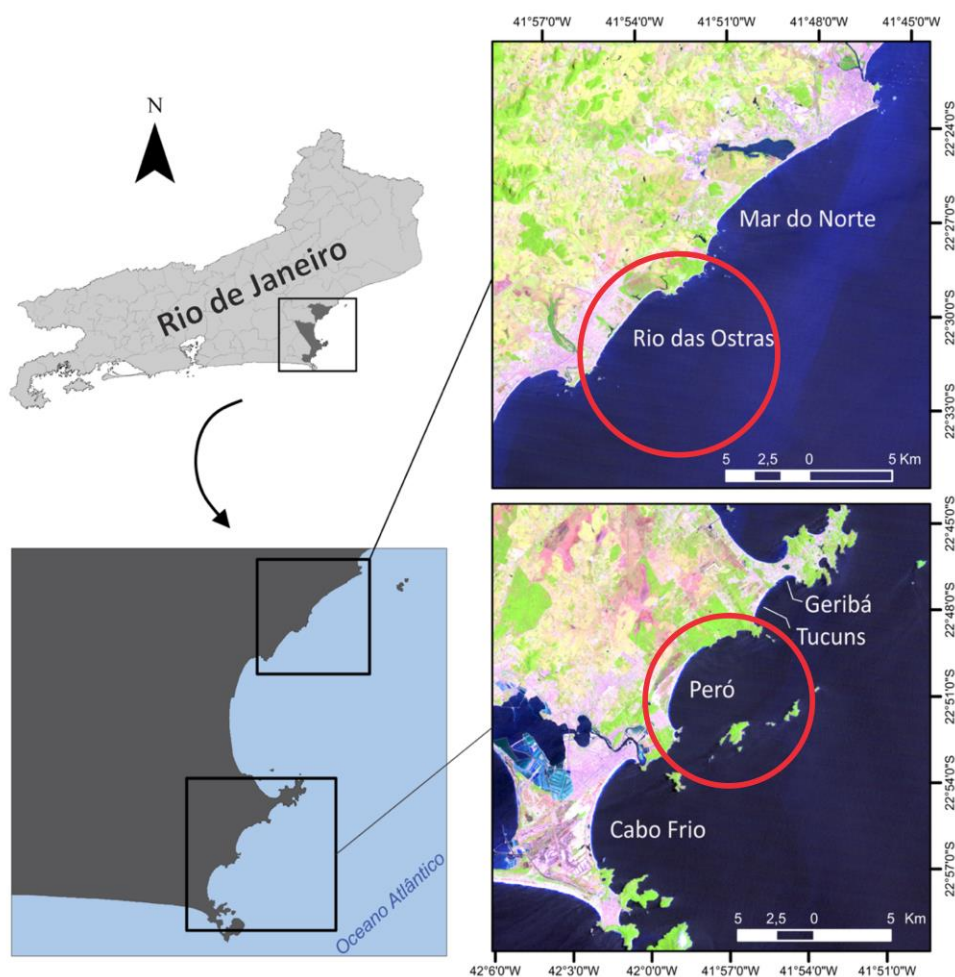


Figura 1 - Localização da área de estudos.

De acordo com Pinho (2003) o clima de ondas da Baía de Campos pode ser dividido em quatro condições, a saber:

- a) **Bom Tempo:** Predominância de ventos de direções N, NE e E, com uma ocorrência de 13,2%, 37,5% e 14,0% respectivamente, totalizando quase 65% de todos os ventos observados na região. Nesta



situação as ondas são provenientes do mesmo quadrante que o vento, com período entre 6 e 11 segundos, e altura significativa ( $H_s$ ) mais frequente entre 1,5 e 2m;

b) **Bom Tempo Com Marulhos:** Frequentemente em uma condição de Bom Tempo, além das ondas de NE, podem ainda ser observados marulhos (*swell*) gerados a grandes distâncias ao sul. Cerca de 34% de todos os registros de ondas (2374 registros) correspondiam a esta situação de mar. Os marulhos que chegam à região têm períodos frequentemente maiores que 12 segundos e altura significativa entre 2,55 e 3,5 metros durante o ano todo;

c) **Mau Tempo de Sudoeste:** Ocorrem devido as frentes frias de sudoeste. Os ciclones têm uma circulação dos ventos no sentido horário, de modo que sua passagem sobre a costa sudeste do Brasil gera inicialmente ventos fortes de sudoeste girando posteriormente para S-SE-E e, finalmente, a situação de Bom Tempo se estabelece novamente com ventos de NE.

d) **Mau Tempo de Sudeste:** Os ventos, neste caso, podem ter direção sul ou sudeste após a passagem da frente fria. Assim, a situação de mar de SE ocorre enquanto há o domínio do anticiclone polar na circulação da região. Podem gerar ondas com alturas significativas com mais de 4 metros e períodos com valores de até 18s.

A situação de mau tempo de sudeste é, para as praias da região centro-norte, a condição de mar mais severa, em decorrência da orientação da linha de costa, que torna essas praias mais expostas as ondulações desse quadrante (Oliveira Filho, 2016).

### 3. Materiais e Métodos

Com o intuito de quantificar as variações da morfologia e volume sedimentar das praias da área de estudo, foram realizados levantamentos topográficos bidimensionais transversais a praia, em todos os pontos de monitoramento, partindo-se sempre de um referencial de nível conhecido no pós-praia (duna frontal). Para os levantamentos foram utilizados Estação Total (modelo Trimble Series 5500) e haste com prisma. Cada ponto de monitoramento sempre possui mais do que dois referenciais de nível (RN) para que, além de fornecer sempre o mesmo alinhamento do perfil, caso um dos RNs venha a ser perdido, o outro permita rapidamente o estabelecimento um novo RN. As cotas altimétricas foram ajustadas ao nível médio do mar (NMM). A coleta de dados contemplou as feições da parte emersa, desde o reverso das dunas frontais até o recuo máximo do espraiamento, estendendo-se até a zona submarina adjacente apenas com condições de mar calmo.



A periodicidade adequada para os levantamentos topográficos depende do objetivo do monitoramento. Geralmente, para caracterização morfodinâmica, são executados 12 levantamentos num período de 24 meses, ou seja, a cada dois meses. Para uma maior acurácia na caracterização podem ser realizados levantamentos mensais, no entanto, devido ao elevado custo e tempo gastos nesse tipo de campanha, a primeira opção é a mais vantajosa. Caso seja detectado algum evento de tempestade excepcional, ou seja, com altura e período de ondas mais elevados que o padrão ao clima de ondas, é importante fazer um levantamento a partir do decaimento da altura de ondas (durante a tempestade) e, de acordo com a viabilidade, levantamentos semanais para acompanhar a recuperação do estoque sedimentar. No caso da tempestade de abril de 2010, foi realizada uma campanha durante a tempestade, outra campanha cerca de 1 mês após, e novos levantamentos a cada dois meses.

Foram utilizados dados gerados pelo modelo de reanálise de ondas *WaveWatch III*, que fornece como saída valores dos parâmetros como altura significativa de onda, período e direção, e ainda, condições de vento (velocidade e direção), a cada 3 horas. Esses dados foram importantes para identificar o momento em que ocorreu ondas com condição de mau tempo de sudeste, em abril de 2010.

A caracterização dos impactos ocasionados pela tempestade seguiu a escala de impactos de Sallenger (2000), graduada através da magnitude dos impactos, levando em consideração a máxima elevação vertical do *runup* ( $R_{max}$ ), mínima elevação do *runup* ( $R_{min}$ ), cota do topo ( $D_{max}$ ) e base ( $D_{min}$ ) da duna frontal. A escala é dividida em quatro regimes de impactos, elencados quanto ao grau de magnitude, do menor para o maior: Espreadimento; Colisional; Transposição; e, Inundação. A máxima elevação vertical do *runup* inclui o nível médio do mar, devido tanto a maré astronômica como a maré meteorológica, somado ao excedente de *runup* ( $R_{2\%}$ ). Segundo Holman (1986), o excedente de *runup* é um valor estatístico extremo, referente a apenas 2% de todos os valores observados, que representa a altimetria máxima alcançada pelo *runup*.

Foram calculados os impactos previstos pela escala de impactos de Sallenger (2000), utilizando a equação de  $R_{2\%}$  proposta por Stockdon *et al.* (2006) que, como aponta Oliveira Filho (2016), apresentou os melhores resultados para as praias da área de estudo, e comparados com os regimes de impactos observados em campo no momento do levantamento (durante a tempestade).

A sobreposição dos diversos levantamentos topográficos de cada ponto de monitoramento permitiu analisar o recuo de linha de costa, eventuais processos como formação de escarpas erosivas, formação/remoção de bermas, aumento/diminuição do gradiente da face de praia, leques de transposição, além de apresentar eventuais tendências de erosão/acresção de sedimentos na praia e antepraia.





O cálculo do volume sedimentar seguiu o mesmo princípio utilizado por Birkemeier em 1984. Para o cálculo do volume de uma seção, deve-se escolher o  $X_{on}$  (cota inicial) e o  $X_{off}$  (Cota final). O  $X_{off}$  pode ser substituído por uma elevação de referência, que se remete a uma cota no eixo Y (Figura 2). Dessa forma, para o cálculo do volume foi utilizado um  $X_{on}$  e uma elevação de referência, definida como a cota 0, em referência ao zero do mar (figura 2).

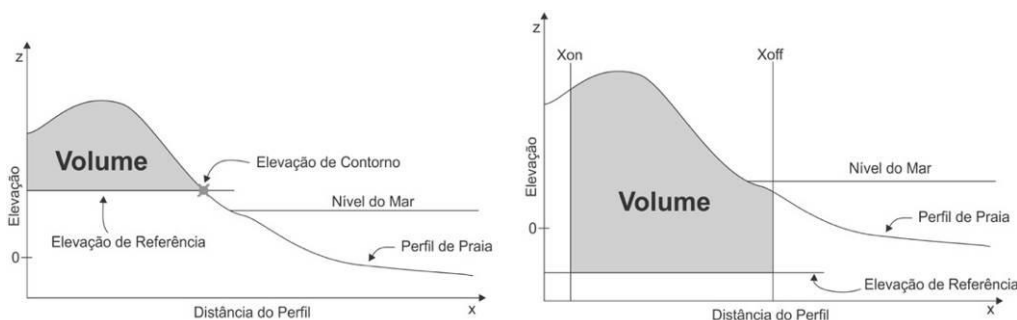


Figura 2 - Esboço mostrando como é calculado o volume de sedimento no perfil utilizando o programa Microsoft Excel 2015. (Extraído de Oliveira Filho, 2016).

Para calcular volume utilizando apenas dados de altimetria e distância, como no caso de perfis topográficos bidimensionais, a unidade estabelecida é o  $m^3/m$  (metro cúbico por metro), que é obtido adicionando como medida da terceira dimensão, 1 metro.

#### 4. Resultados e Discussões

Comparado o regime de impacto observado em campo com o regime obtido a partir da escala de impacto de Sallenger (2000), apenas o ponto sul da praia do Perú apresentou regime distinto (tabela I), muito provavelmente porque a escala de impacto de Sallenger não leva em consideração fatores como áreas abrigadas por promontórios rochosos ou situadas em “zonas de sombra”, resultante do processo de difração de ondas.

Tabela I – Comparação entre o regime de impactos observados em campo durante a tempestade de abril de 2010 e o regime previsto pela escala de impactos de Sallenger (2000).

Ponto	R <sub>2%</sub> (m)	D <sub>min</sub> (m)	D <sub>max</sub> (m)	R <sub>max</sub> (m)	Regime Previsto	Regime Observado
Peró Norte	2,06	1,55	4,50	2,94	Colisional	Colisional
Peró Centro-Norte	3,76	1,60	7,70	4,64	Colisional	Colisional
Peró Centro-Sul	4,27	2,11	5,80	5,15	Colisional	Colisional
Peró Sul	2,96	3,04	4,57	3,84	Colisional	Espraçamento
Rio das Ostras P3	4,012	2,25	4,88	4,89	Transposição	Transposição
Rio das Ostras P4	5,863	1,92	6,57	6,74	Transposição	Transposição
Rio das Ostras P5	4,532	1,26	5,81	5,41	Colisional	Colisional



Na praia do Perú, que possui características morfodinâmicas de praia intermediária com tendência à dissipativa, ou seja, baixo gradiente da face de praia e presença de bancos arenosos submersos, o regime de impacto predominante foi o colisional (tabela I). Apenas no ponto sul ocorreu regime espraçamento, devido a atenuação das ondas pelo promontório rochoso que separa a praia do Perú da praia das Conchas, uma pequena enseada situada mais à sul.

A tempestade de abril de 2010 atingiu consideravelmente a praia do Perú, provocando erosão da face de praia e formação de escarpas erosivas ao longo de quase toda a extensão do arco. O ponto de monitoramento sul foi o menos atingido, onde apenas 12% do volume total foi perdido, devido a presença de um promontório rochoso, que acaba por atenuar as ondas oriundas dos quadrantes de tempestade. A porção centro-sul do arco foi a mais atingida, perdendo cerca de 55% do volume total subaéreo (Figura 3).

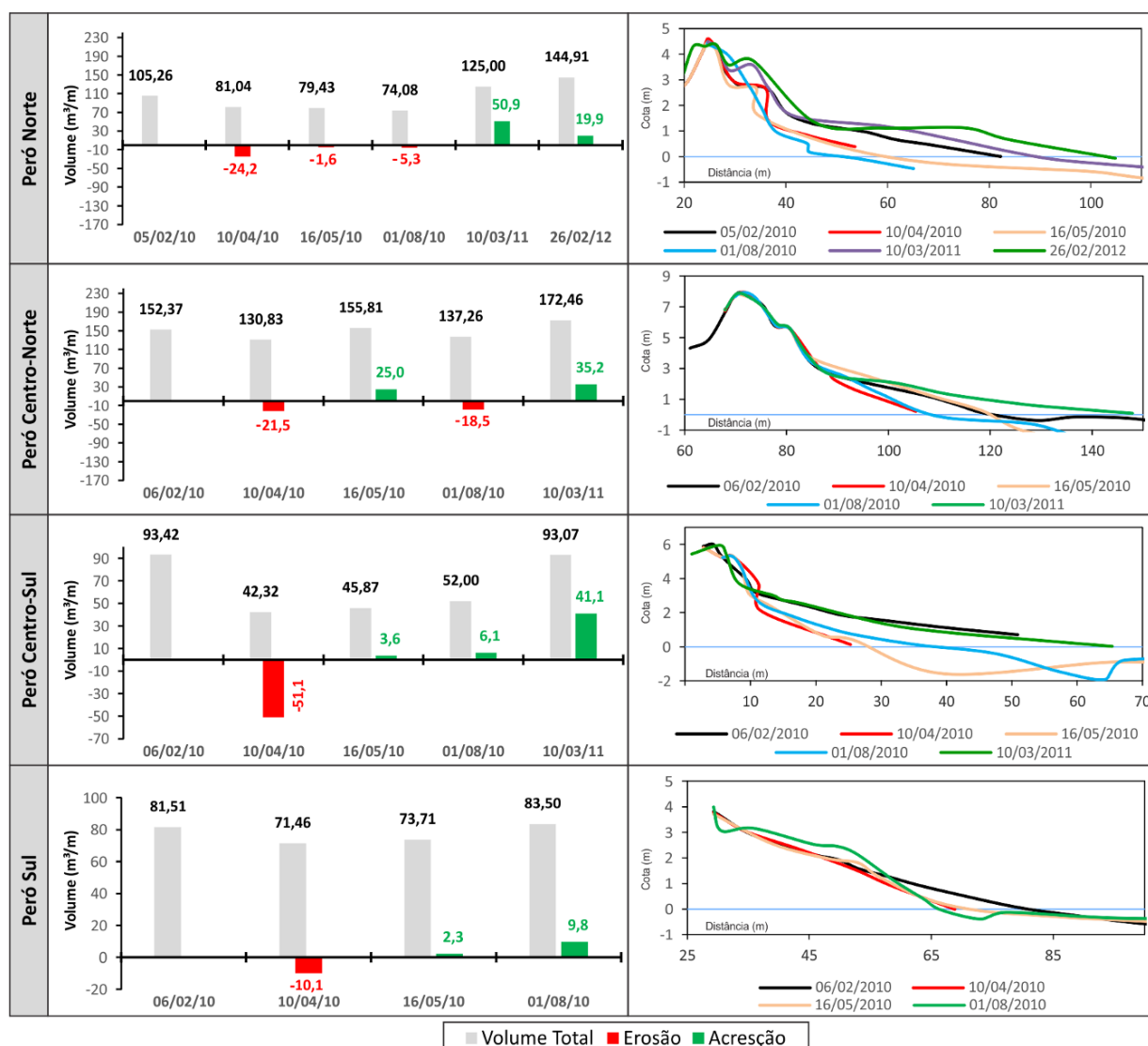


Figura 3 – Variação volumétrica (esquerda) e levantamentos topográficos (direita) na praia do Perú.



Em relação a recuperação do estoque sedimentar pré-tempestade a praia do Perú mostrou-se resiliente. Todos os quatro pontos de monitoramento apresentaram recuperação total do volume de areia subaéreo e da morfologia anterior à tempestade, entretanto, com diferenças temporais. O perfil centro-norte recuperou o estoque sedimentar em apenas 1 mês, apresentando ser a porção mais estável do arco de praia do Perú. O perfil sul levou 4 meses para a recuperação total, enquanto as porções norte e centro-sul atingiram a recuperação completa do estoque de sedimentos 11 meses após a tempestade.

Em Rio das Ostras, que possui características morfodinâmicas refletivas, ou seja, com elevado gradiente da face de praia, situação que favorece um alcance vertical mais elevado pelo *runup*, o regime de impacto predominante foi o de transposição, ocorrendo depósitos de sedimentos no reverso da barreira, contudo, com severa erosão da face de praia e formação de escarpas erosivas. A baixa altimetria da duna frontal (4,8 m) e a alta declividade da face de praia favoreceram o regime de transposição. No P4, mesmo possuindo a duna frontal com maior altimetria (6,57 m), em decorrência do elevado gradiente da face de praia, ocorreu o regime de transposição. No P5, que possui maior declividade da face de praia que o P3, em função da maior altimetria da duna frontal, foi o único trecho da praia de Rio das Ostras onde ocorreu o regime de impacto colisional.

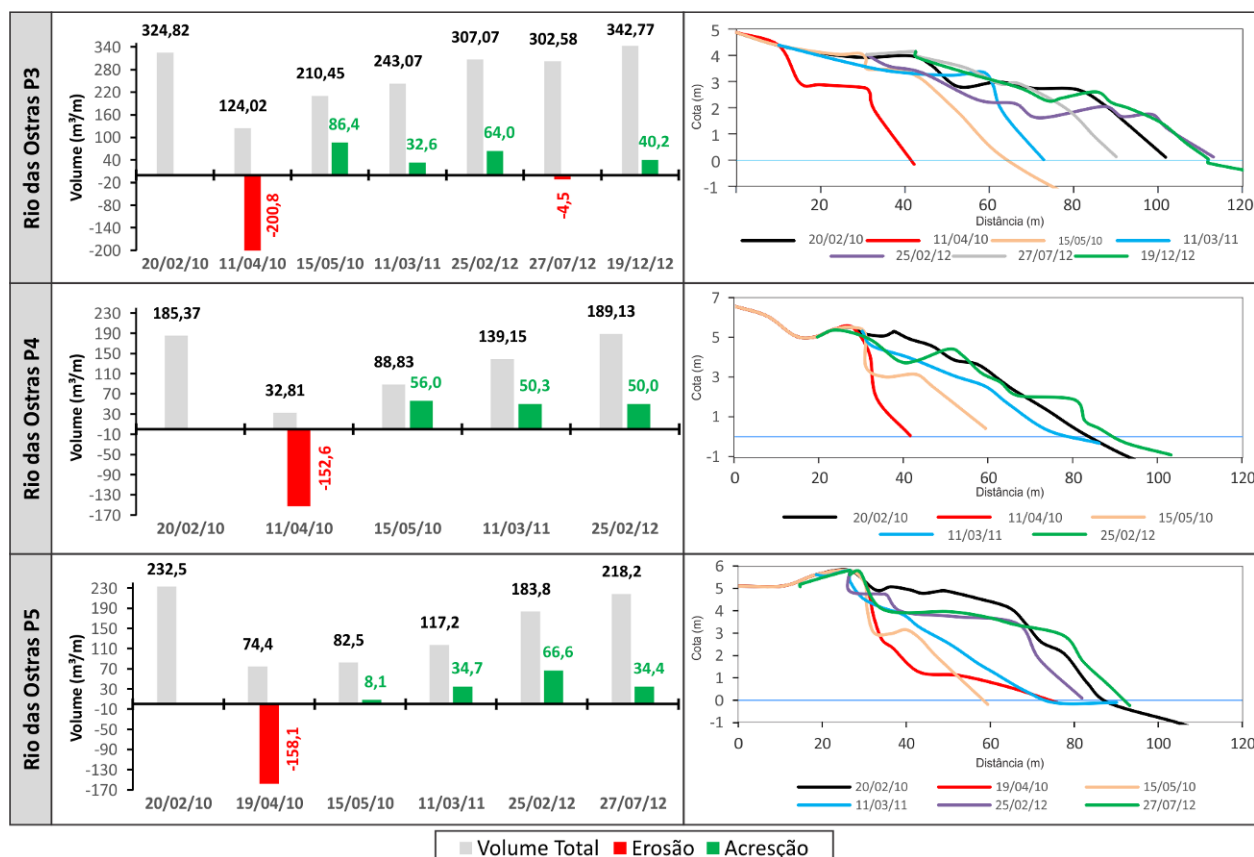


Figura 4 – Variação volumétrica (esquerda) e levantamentos topográficos (direita) na praia de Rio das Ostras.





Na praia de Rio das Ostras, a erosão foi muito mais severa que na praia do Perú. A tempestade de abril de 2010 provocou a erosão de aproximadamente 70% do estoque sedimentar subaéreo. Ocorreu erosão severa da face de praia e duna frontal e grande recuo da linha de costa. O P3 perdeu cerca de 200 m<sup>3</sup>/m (61%), o P4, 152 m<sup>3</sup>/m (82%) e o P5, 158 m<sup>3</sup>/m (68%) do estoque subaéreo (Figura 4). Em decorrência da energia das ondas e alta declividade da face de praia, nos pontos P3 e P4, ocorreu uma relativa aggradação vertical do topo da duna frontal, devido ao processo de transposição da barreira (*overwash*).

A recuperação total do estoque subaéreo anterior a tempestade ocorreu apenas nos pontos de monitoramento P3 e P4. A total recuperação no P3 foi obtida 2 anos e 8 meses após a tempestade, e no P4 em 1 ano e 10 meses. O máximo da recuperação atingida pelo P5 ocorreu após 2 anos e 3 meses após a tempestade.

Segundo Morton *et al.* (1994) a sobreposição de perfis topográficos é a melhor ferramenta para se avaliar taxas de erosão e recuperação de praias impactadas por tempestades. Os autores são enfáticos em afirmar que, comparar a topografia, antes e depois da tempestade, é o método mais seguro de se confirmar erosão e recuperação de praias, e que trabalhos que não fazem esse tipo de comprovação, devem ser questionados. Isso porque praias severamente erodidas por tempestade podem ter uma rápida recuperação da face de praia e da linha de costa, em semanas ou meses, aparentando terem sido recompostas por completo, no entanto, na maioria dos casos, menos da metade do volume de sedimentos, de fato, deve ter retornado.

Comparando as taxas de erosão apresentadas por ambas as praias, com as características morfodinâmicas locais, a praia do Perú (Intermediária/Dissipativa) foi menos impactada pela tempestade do que a praia de Rio das Ostras (Refletiva). Comparando o volume subaéreo erodido nos pontos Norte da praia do Perú (22 m<sup>3</sup>/m) com P3 de Rio das Ostras (200 m<sup>3</sup>/m), o P3 apresentou uma erosão quase 10 vezes maior que o observado no trecho Norte da praia do Perú. Isso ocorre por que praias intermediárias com tendências dissipativas possuem geralmente bancos arenosos submersos, que tendem a dissipar parte da energia das ondas antes que essas cheguem a face de praia (Short, 1999). Dessa forma, praias com presença de bancos arenosos submersos tendem a ter uma melhor resposta frente a eventos de tempestade.

Em relação a recuperação do estoque sedimentar anterior à tempestade, apesar da recuperação dos pontos de monitoramento da praia do Perú ter sido mais rápida, se levarmos em consideração o volume recuperado em relação ao tempo, a praia de Rio das Ostras teve uma taxa média de 6 m<sup>3</sup>/m recuperado a cada mês, enquanto no Perú, a taxa de reincorporação de sedimentos seria em média de 2 m<sup>3</sup>/m a cada mês. Somente o trecho centro-norte do Perú obteve uma taxa de 21,54 m<sup>3</sup>/m, levando apenas um mês para total recuperação. Essa rápida taxa de recuperação no trecho centro-norte ocorreu, muito provavelmente,



pela atenuação das ondas oriundas de leste (bom tempo), situação que favorece ainda mais a reincorporação de sedimentos à praia em decorrência da baixa energia. Em Rio das Ostras, mesmo em condições de bom tempo, as ondas conseguem chegar a praia com mais energia, principalmente pela ausência de bancos arenosos submersos.

A recuperação do estoque sedimentar em ambas as praias aparentemente ocorreu através da migração, em direção à praia, de sedimentos depositados na antepraia, na forma de bancos arenosos. No caso da praia do Perú, além dos bancos pré-existentes, também em bancos construídos a partir das condições hidrodinâmicas de tempestade. Já em Rio das Ostras, bancos originados durante a tempestade. Os perfis pós tempestade apresentaram morfologia de bancos e calhas (*ridge and runnel system*). Esse tipo de recuperação é o mais encontrado na literatura (Short, 1999; Aagaard *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2006; Choowong *et al.*, 2009; Roberts *et al.*, 2013; Wang e Briggs, 2015). Em Rio das Ostras esse tipo de migração é menos perceptível em decorrência do alto gradiente da face de praia, ocorrendo pouca variação da largura da praia entre os períodos de baixamar e preamar.

## 5. Conclusões

O monitoramento contínuo de praia é essencial para se conhecer o comportamento a curto e médio prazo da dinâmica costeira, fornecendo informações sobre a morfodinâmica, tendências de erosão ou progradação, e ainda sobre episódios erosivos, principalmente em casos de tempestades excepcionais. Acompanhar a recuperação natural de praias após uma tempestade excepcional é importante para se analisar a resiliência desses ambientes, informação imprescindível para a gestão e planejamento de qualquer orla.

A sobreposição dos perfis topográficos anteriores e posteriores a tempestade de abril de 2010, produto do monitoramento contínuo efetuado pelo Laboratório de Geografia Física (LAGEF) da Universidade Federal Fluminense (UFF), tornou possível a mensuração das variações volumétricas dos sedimentos emersos, garantindo uma maior acurácia nas taxas de erosão decorrente da tempestade e posterior recuperação, seja ela parcial ou total. Além disso, evidenciou feições erosivas e deposicionais ocasionadas pelas condições mais energéticas das ondas da tempestade.

As características morfodinâmicas locais tiveram papel fundamental na magnitude dos impactos ocasionados pela tempestade. A praia do Perú, que possui características morfodinâmicas intermediária com tendência à dissipativa obteve menor perda de sedimentos do perfil emerso do que a praia de Rio das Ostras, praia com estado morfodinâmico tipicamente refletivo.

## 7. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que financiou parte deste projeto através do edital Ciências Sociais Aplicadas de 2014.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estágio pós-doutoral, modalidade PNPd/CAPES.

## REFERÊNCIAS

- AAGAARD, T.; DAVIDSON-ARNOTT, R.; GREENWOOD, B.; NIELSEN, J. Sediment supply from shoreface to dunes: linking sediment transport measurements and long-term morphological evolution. **Geomorphology**, v.60, p.205-224, 2004.
- BIRKEMEIER, W. A. A user's guide to ISRP: The interactive survey reduction program. In: **Instruction Report CERC-84-1**, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, 1984.
- BULHÕES, E. M. R.; FERNANDEZ, G. F.; ROCHA, T. B. Efeitos Morfológicos nas Barreiras Costeiras do Litoral Centro-Norte do estado do Rio de Janeiro: resultados do evento de tempestade de abril de 2010. **Revista de Geografia**. Recife, v.27, n.2, p.15-30. 2010.
- CHOOWONG, M.; PHANTUWONGRAJ, S.; CHAROENTITIRAT, T.; CHUTAKOSITKANON, V.; YUMUANG, S.; CHARUSIRI, P. Beach recovery after 2004 Indian Ocean tsunami from Phang-nga, Thailand. **Geomorphology**, v.104, n.3-4, p. 134-142, 2009.
- FERNANDEZ, G. B.; BULHÕES, E. M. R.; ROCHA, T. B. Impacts of severe storm occurred in april 2010 along Rio de Janeiro Coast, Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI.64 (Proceedings of the 11th International Coastal Symposium), p.1850-1854, 2011.
- HOLMAN, R. A. Extreme value statistics for wave run-up on a natural beach. **Coastal Engineering**, v.9, p.527-544, 1986.
- MASSELINK, G.; VAN HETEREN, S. Response of wave-dominated and mixed-energy barriers to storms. **Marine Geology**, v.352, p.321-347, 2014.
- MORTON, R. A.; PAINE, J. G.; GIHEAUT, R. C. Stages and durations of post-storm beach recovery, southeastern Texas coast, U.S.A. **Journal of Coastal Research**, v.10, n.4, p.884-908, 1994.
- OLIVEIRA FILHO, S. R. **Morfodinâmica Associada entre Duna, Praia e Zona Submarina como Subsídio a Adequada Ocupação do Espaço Costeiro na Praia do Peró – RJ**. 2011. 49 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.
- OLIVEIRA FILHO, S. R. **Impactos Morfológicos Em Praias Oceânicas Associados A Ondas De Tempestade: Exemplo do litoral centro-norte do Estado do Rio de Janeiro**. 2016. 149 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.
- PINHO, U. F. **Caracterização dos Estados de Mar na Bacia de Campos**. 2003. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), Rio de Janeiro, 2003.
- ROBERTS, T. M.; WANG, P.; PULEO, J. A. Storm-driven cyclic beach morphodynamics of a mixed sand and gravel beach along the Mid-Atlantic coast, USA. **Marine Geology**, v.346, p.403-421, 2013.
- SALLENGER, A. H. Storm impact scale for barrier islands. **Journal of Coastal Research**, v.16, n.3, p.890-895, 2000.
- SHORT, A. D. **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Chichester: Wiley, 1999, 379 p.



STOCKDON, H. F.; HOLMAN, R. A.; HOWD, P. A.; SALLENGER, A. H. Empirical parameterization of setup, swash, and runup. **Coastal Engineering**, v.53, n.7, p.573-588, 2006.

WANG, P.; BRIGGS, T. M. R. Storm-Induced morphology changes along barrier islands and poststorm recovery. In: ELLIS, J. T.; SHERMAN, D. J. (EDs). **Coastal and marine hazards, risks, and disasters**. Elsevier, p.271-306, 2015.

WANG, P.; KIRBY, J. H.; HABER, J. D.; HORWITZ, M. H; KNORR, P. O.; KROCK J. R. Morphological and sedimentological impacts of hurricane ivan and immediate poststorm beach recovery along the northwestern Florida barrier island coasts. **Journal of Coastal Research**, v.22, n.6, p.1382-1402, 2006.