



## ASPECTOS DAS ONDAS DE TEMPESTADE E EROÇÃO COSTEIRA NO LITORAL DO ESPÍRITO SANTO

Luana Aparecida Castro Firmino<sup>(a)</sup>, Eduardo Manuel Rosa Bulhões<sup>(b)</sup>

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

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

### Eixo: DINÂMICA E GESTÃO DE ZONAS COSTEIRAS

#### Resumo

O conhecimento do clima de ondas e o estado de agitação marítima são essenciais para se compreender os processos morfológicos e erosivos que ocorrem na zona costeira frente à eventos de tempestade. Os impactos nesses ambientes são ditadas pela magnitude das forçantes oceanográficas e meteorológicas, sendo responsáveis pelo padrão ondulatório e a energia dissipada pelas ondas em direção a linha de costa. O presente estudo tem como objetivo central analisar o comportamento das ondas de maior energia que atingem o litoral capixaba, bem como a participação das mesmas na erosão de determinados segmentos dessa costa. Informações de reanálise de modelos regionais de ondas oceânicas foram utilizadas para identificar o padrão das ondulações incidentes, e simulações a partir de um modelo de propagação para águas rasas foi empregado com a finalidade de identificar os setores do litoral mais expostos aos efeitos das ondas de tempestade.

**Palavras chave:** Erosão Costeira, Ondas de Tempestade, Litoral do Espírito Santo.

#### 1. Introdução

O estudo no campo de ondas vem despertando interesse devido a sua importância na determinação de processos dinâmicos na zona costeira. A compreensão do clima de ondas auxilia na análise das características do padrão ondulatório que atinge a linha de costa na forma de marulhos e vagas, provocando alterações morfológicas ao longo do litoral. De acordo com Bulhoes *et al.* (2014) as modificações morfológicas nos ambientes costeiros são induzidas, em um primeiro momento, pela magnitude com que as variáveis meteorológicas e oceanográficas atingem a linha costa e posteriormente a capacidade desta em absorver tal energia. Desse modo, a variabilidade e os impactos morfológicos no litoral, cujo principal expoente é a erosão costeira, é determinada de acordo com o grau de exposição da praia e a energia das ondas incidentes, oscilando entre as ondas de tempo bom e ondas de tempestade, esta última com características erosivas (Muehe, 2009). É importante salientar, que a intensidade das ondulações oceânicas é ditada pela ação do vento em águas profundas e a sua distribuição ao longo do litoral decorre do momento em que esta entra em contato com o fundo em águas intermediárias e rasas. O objetivo geral deste trabalho é caracterizar o comportamento das ondas de maior energia que atingem o litoral capixaba, utilizando como base modelos



regionais de ondas e simulações para águas rasas tendo em vista avaliar a participação das mesmas nas áreas com maior vulnerabilidade à erosão costeira.

## 2. Área de estudo

A área de estudo abrange a costa do Estado do Espírito Santo, que está situado na Região Sudeste do Brasil, entre os estados do Rio de Janeiro ( $21^{\circ} 30' S$  e  $40^{\circ} 96' O$ ) e da Bahia ( $18^{\circ} 20' S$  e  $22^{\circ} 56' W$ ). Apresenta um litoral pouco recortado com orientação preferencial de nordeste-sudoeste, compreendendo em sua faixa litorânea os municípios de Conceição da Barra à Presidente Kennedy (Figura 1) (Paterlini, 2009).

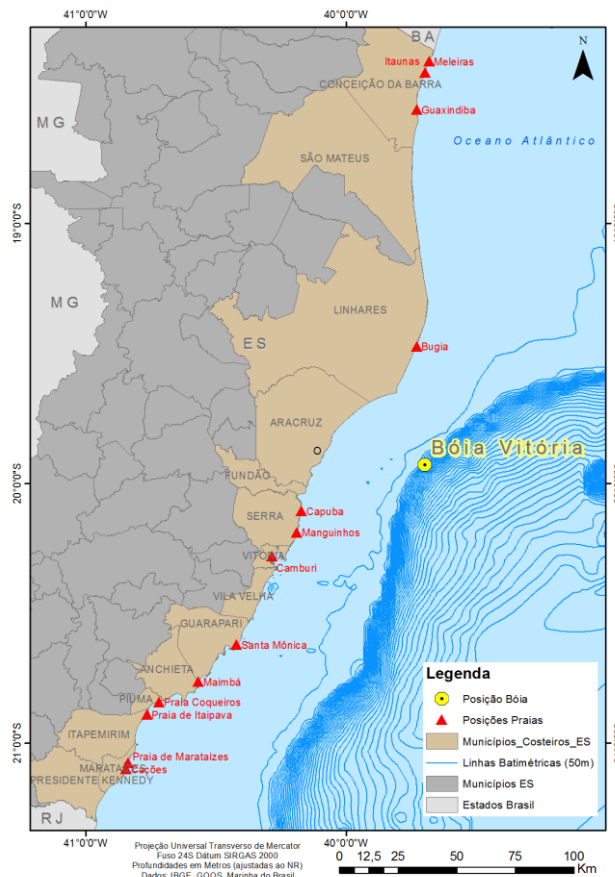


Figura 1 – Área de estudo, posição da bóia oceânica e distribuição dos pontos de interesse.

A região costeira do Espírito Santo, está localizada na zona climática tropical úmida, com temperaturas médias anuais de  $22^{\circ}C$ . Os ventos de maior frequência e intensidade provém dos quadrantes NE-ENE e SE, respectivamente (Albino, 1999). O padrão do vento dominante gera ondas provenientes dos setores NE-E e SE-E, com predominância do primeiro (Albino *et al.* 2001), atingindo alturas significativas menores que 1,5 m e períodos de 7s (Branco, 2005). As características geomorfológicas desse litoral são representados por três unidades morfológicas distintas, são eles: os tabuleiros terciários da Formação Barreiras, os afloramentos



cristalinos pré-cambrianos e as planícies quaternárias flúviomarinhas, que apresentam diferentes graus de desenvolvimento (Martin *et al.* 1996). De modo geral, a costa capixaba apresenta tendência a retrogradação.

### 3. Materiais e métodos

Informações sobre linha de costa, ilhas e batimetria do litoral do Espírito Santo foram extraídas a partir das cartas náuticas CN 1.400, CN 22.700 e CN 22.800 cedidas pela Marinha do Brasil, para compor a base de modelagem para as simulações de propagação de ondas para águas rasas. As informações ajustam-se à escala 1:300.000, posicionadas ao Dátum Vertical WGS 84, na projeção de Mercator.

Os dados de ondas foram obtidos através do Programa Nacional de Bóias (PNBOIA) disponível e o intervalo dos dados obtidos cobriu todo o ano de 2016 para a posição Vitória (Figura 01). O processamento dos dados foi feito com o MsExcell de onde foram selecionadas condições de ventos e ondas que representassem a maior energia por espectro direcional, a saber: leste-nordeste (ENE), nordeste (NE), leste (E), su-sudeste (SSE), sul (S) e su-sudoeste (SSW).

As simulações de ondas em águas rasas foram elaboradas através do módulo SW (*Spectral Waves*) do pacote de modelagem Mike21 do DHI (*Danish Hydraulic Institut*). Os dados de saída do modelo foram estabelecidos para as posições específicas ao longo da costa capixaba, tendo como base a classificação por setores que Albino *et al.* (2006) determinaram através da tendência erosiva deste litoral, a saber: *a*) Setor 1: Itaúnas, Bugia e Guaxindiba; *b*) Setor 2: Meleiras; *c*) Setor 3: Nova Almeida, Capuba e Manguinhos; *d*) Setor 4: Camburi, Santa Mônica, Maimbá, Coqueiros e Itaipava; *e*) Setor 5: Marataízes e Cações. A distribuição das 14 posições pode ser observada na Figura 01.

### 4. Resultados

Com o intuito de estimar a participação das ondas de maior energia na erosão de determinados segmentos desta costa, foram simuladas às 6 ondas com maiores alturas significativas representativas de diferentes direções e eventos de tempestade durante o ano de 2016. A Figura 02 expõe o momento ápice de incidência das ondas neste litoral, estimando às posições mais ou menos impactadas. Para cada simulação foi extraída a altura máxima das ondas para os 14 pontos que apresentam tendência erosiva na área de estudo (Figura 03). Cada simulação apresentou características distintas para a costa do Espírito Santo, assinalando uma maior ou menor exposição das áreas frente às ondas mais energéticas. As ondulações de maior destaque são predominantes de Leste-Nordeste (ENE), Nordeste (NE) e Leste (E), e a de menor intensidade é proveniente do setor Sudoeste. Estes resultados são concordantes com Piumbini (2009) e Albino *et al.* (2001), no que diz respeito as direções de maior representatividade, para qual 26,63% do total de ocorrências são provenientes do setor NE, e de menor relevância destaca-se as ondas provenientes do quadrante SW.

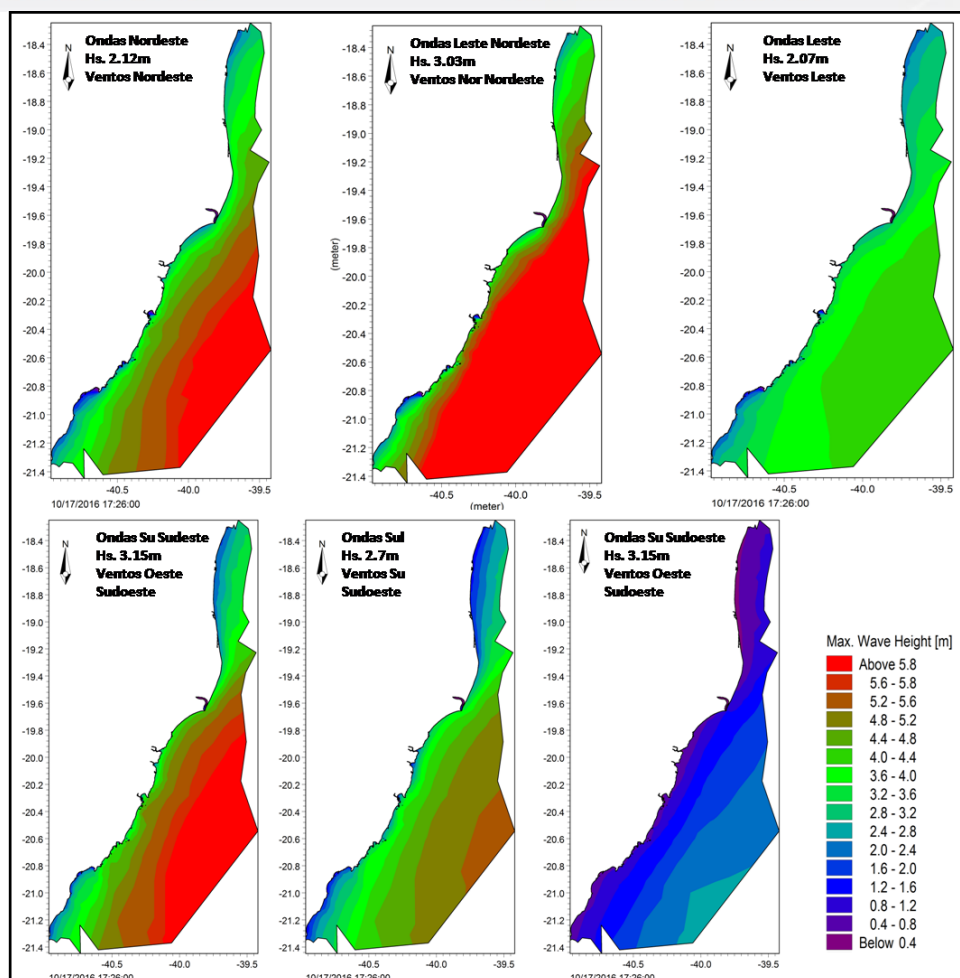


Figura 02 – Altura máxima das ondas para as seis simulações feitas para a área de estudo.

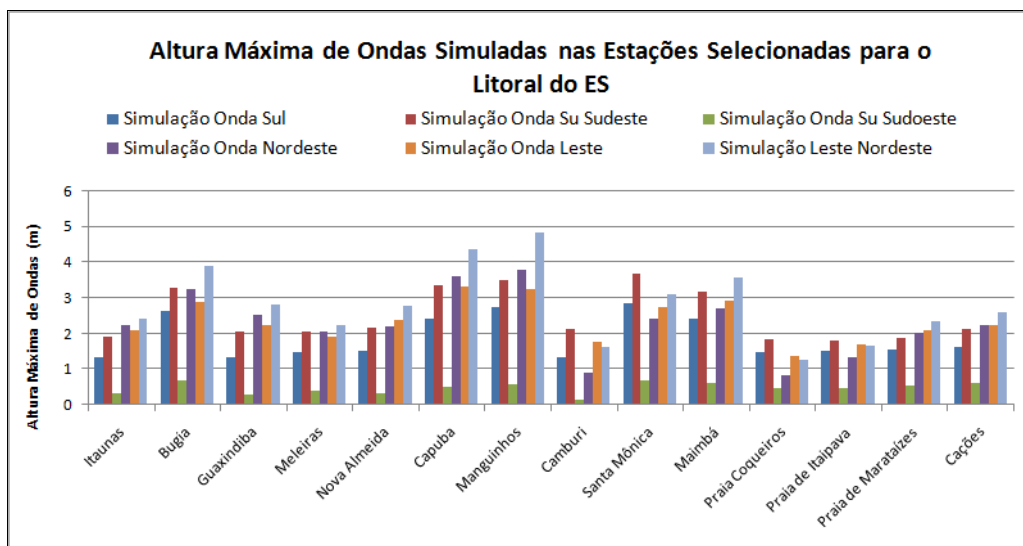


Figura 03 – Altura máxima de ondas simuladas nas estações seleccionadas para o litoral do ES.



As Figuras 02 e 03 indicam que as ondas de maior energia são provenientes do quadrante Leste-Nordeste (ENE), Nordeste (NE) e Leste (E), onde há nítida exposição da maioria das praias em retrogação neste litoral. As praias de Camburi, Santa Mônica, Coqueiros e Itaipava, no entanto, apresentam exposição majoritária às tempestades de Su-Sudeste (SSE). Os padrões de ventos dominantes geram ondas provenientes de dois setores principais NE-E e SE-E, onde os pontos selecionados estão mais expostos as ondulações do primeiro quadrante. De modo geral, segundo Albino *et al.* (2006) as praias do setor 4 apresentam-se direcionadas para S-SE, o que confirma a maior exposição das mesmas frente às ondulações advindas de (SSE).

## 5. Considerações Finais

Uma idéia inicial sobre a distribuição de alturas de ondas ao longo do litoral do ES durante a ocorrência de eventos de maior energia pôde ser evidenciada na análise dos resultados para as 14 posições referentes às praias identificadas como em erosão pela literatura específica. Estes resultados iniciais foram gerados a partir de simulações de ondas monocromáticas. As próximas etapas do trabalho são as simulações dos eventos de tempestade para a estimativa do fluxo de energia por espectro de ondas, análise dos dados de saída por setores (conforme definido por Albino *et al.* (2006)) e identificação das características atmosféricas durante os eventos que geram maior agitação no litoral capixaba.

## REFERÊNCIAS

- ALBINO, J. **Processos de Sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga a Povoação, ES.** 1999. Tese de doutoramento em Ciências – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ALBINO, Jacqueline *et al.* **Geomorfologia, Tipologia, Vulnerabilidade Erosiva e Ocupação Urbana das Praias do Litoral do Espírito Santo, Brasil.** Vitória: Geografares, 2001 n° 2.
- ALBINO, J; GIRARDI, G; NASCIMENTO, K. A. Erosão e Progradação do Litoral do Espírito Santo. In: Muehe D. (org.) **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro.** MMA, Brasília, 2006.
- BRANCO, F. V. **Contribuições de swell gerado em tempestades distantes para o clima de ondas na costa brasileira.** Dissertação de mestrado. Inst. de Astronomia, Geofísica e C. Atmosféricas, Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2005.
- BULHÕES, Eduardo Manuel Rosa *et al.* **Impactos Costeiros Induzidos por Ondas de Tempestade entre o Cabo Frio e o Cabo Búzios, Rio de Janeiro, Brasil.** Quaternary and Environmental Geosciences, 2014, 05(02):155-165.
- MARTIN, Louis *et al.* **Coastal Quaternary Formations of the Southern Part of the State of Espírito Santo (Brazil).** São Paulo: An. Academia Brasileira de Ciências, v. 68, n 3, 1996.
- MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: CUNHA, D. S.; GUERRA, T. J. A. (org.) **Geomorfologia: Técnicas e Aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- PATERLINI, André Zardo. **Reconstituição da Agitação Marítima no Litoral do Espírito Santo: Caso de Junho de 2006.** Monografia. Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2009.
- PIUMBINI, Prussia Pestana. **Clima de Ondas de Gravidade e Estado de Agitação Marítima em Ambientes Marinhos no Espírito Santo.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2009.