



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

**SAMUEL ARAUJO DA SILVA**

**INFLUÊNCIA DA TOPOGRAFIA ANTECEDENTE NA CONFIGURAÇÃO  
GEOMORFOLÓGICA DA ORLA OCEÂNICA DA ILHA DO MARANHÃO**

São Luís, 2020

**SAMUEL ARAUJO DA SILVA**

**INFLUÊNCIA DA TOPOGRAFIA ANTECEDENTE NA CONFIGURAÇÃO  
GEOMORFOLÓGICA DA ORLA OCEÂNICA DA ILHA DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia.

**Orientador:** Prof. Dr. Leonardo Gonçalves de Lima

São Luís, 2020

da Silva, Samuel Araujo.

Influência da Topografia Antecedente na Configuração Geomorfológica da Orla Oceânica da Ilha do Maranhão / Samuel Araujo da Silva. - 2020.

36 p.

Orientador(a): Leonardo Gonçalves de Lima.

Monografia (Graduação) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2020.

1. Balanço sedimentar. 2. Depósitos aflorantes. 3. Espigão natural. 4. Mapeamento. 5. Topografia antecedente. I. de Lima, Leonardo Gonçalves. II. Título.

**SAMUEL ARAUJO DA SILVA**

**INFLUÊNCIA DA TOPOGRAFIA ANTECEDENTE NA CONFIGURAÇÃO  
GEOMORFOLÓGICA DA ORLA OCEÂNICA DA ILHA DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia.

**Orientador:** Prof. Dr. Leonardo Gonçalves de Lima

Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Leonardo Gonçalves de Lima (Orientador)

---

Dr<sup>a</sup>. Cláudia Klose Parise (UFMA)

---

Dr. Denilson da Silva Bezerra (UFMA)

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela Misericórdia e Graça em minha vida. Aos meus pais, Domingas e Assis e meu irmão Saulo pelo amor e apoio em todos esses anos de graduação, assim como minha noiva Cristiane, que acompanhou-me nas melhores e piores situações subaquáticas, atravessando inúmeras termoclinas.

Aos amigos da IB Monte Sinai que estiveram comigo nesta empreitada pela circulação termohalina.

Aos amigos(as) (UFMA) Vânia Berredo, Larissa Soeiro, Elienai Menezes e Thais Melo pela jornada das Fossas da Marianas até a superfície.

Agradeço ao Prof. Clóvis Júnior (Oceanógrafo), pelo incentivo em desvendar o mundo da Ciência dentro da Oceanografia, e também a Profa. Paula Santiago (Bióloga) que contribuiu para minha formação na jornada das pesquisas.

Aos professores que foram fundamentais em minha formação, Prof. Ricardo Luvizotto pela Biomagnificação de conhecimento e Prof. Luis Fernando pela identificação molecular em minha vida na iniciação científica.

Em especial aos professores, Prof. Leonardo Gonçalves, orientador que percorreu comigo pela topografia antecedente, pacientemente e que me privilegiou pelos ensinamentos da Oceanografia Geológica sempre com muito entusiasmo. A profa Cláudia Klose pelo apoio e correções da monografia desde a Última Transgressão Marinha. Ao Prof. Denilson Bezerra pela assinatura espectral que foi fundamental na minha vida como graduando e agora como Oceanógrafo.

A FAPEMA e ao CNPQ pelo apoio financeiro como bolsista nos projetos de pesquisas. Ao Laboratório de Estudos em Oceanografia Geológica (LEOG) pelos instrumentos e aos recursos humanos que ajudaram-me a desenvolver as pesquisas de campo. Ao DEOLI pela parceria e ao corpo docente que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação. Muito Obrigado.

Abraços Remotos.

## RESUMO

A topografia antecedente controla as morfologias costeiras atuais, fornecendo declive regional estabelecendo orientação costeira inicial em relação aos ventos, correntes, ondas prevaletentes, e por meio de variações locais herdadas de vales e interflúvios que criam reentrâncias e promontórios ou projeções costeiras. As praias oceânicas do presente estudo integram o sistema de barreiras costeiras anexadas (*mainland beach barriers*) caracterizadas pelas falésias da Formação Itapecuru, onde ocorre intensos processos erosivos. O presente estudo tem como objetivo avaliar se a topografia antecedente influencia o comportamento morfodinâmico atual das praias da orla oceânica da Ilha do Maranhão. A partir de perfis topográficos, variações de balanço sedimentar, espessura do pacote sedimentar e declividade das falésias, foi possível verificar que os espigões naturais são feições geomorfológicas que atuam no barramento da corrente longitudinal, ocasionando depósito de sedimento a barlar e erosão a sotamar. Foi evidenciado uma tênue camada da espessura sedimentar na praia da Marcela e um amplo espaço de acomodação de sedimentos na praia do Mangue Seco. O mapeamento de falésias indicou o comportamento de larga escala do controle geológico atuante através dos espigões naturais da proximidade entre falésia e linha de costa e da orientação da linha de costa. Os resultados obtidos demonstram que há influência da topografia antecedente no comportamento morfodinâmico das praias da Ilha do Maranhão pela gênese e controle de feições de larga escala reconhecidas como espigões naturais.

**Palavras chave:** topografia antecedente; espigão natural; depósitos aflorantes; balanço sedimentar, mapeamento

## ABSTRACT

The antecedent topography controls the current coastal morphologies, providing regional decline establishing initial coastal orientation in relation to prevailing winds, currents, waves and through local variations inherited from valleys and interfluvia that create indentations and coastal promontories or projections. The oceanic beaches of the present study are part of the system of attached coastal barriers (mainland beach barriers) characterized by the cliffs of the Itapecuru Formation, where intense erosive processes occur. The present study aims to evaluate whether an antecedent topography influences the current morphodynamic behavior of the beaches on the ocean shore of Island of Maranhão. From topographic profiles, variations in sedimentary balance, thickness of the sedimentary package and declivity of the cliffs, it was possible to verify that the natural spikes are geomorphological features that act in the bus of the longitudinal current, causing deposit of sediment to mud and erosion to lump. There was a thin layer of sedimentary thickness at Marcela beach and a large space for sediment accommodation at Mangue Seco beach. The mapping of cliffs indicated the large-scale behavior of the geological control acting through the natural spikes of the proximity between the cliff and the coastline and the orientation of the coastline. The results obtained demonstrate that there is an influence of the antecedent topography on the morphodynamic behavior of the beaches of Island of Maranhão due to the genesis and control of large-scale features recognized as natural spikes.

**Keywords:** antecedent topography; natural spike; outcrop deposits; sedimentary balance, mapping

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                | <b>10</b> |
| <b>2. MÉTODOS.....</b>                    | <b>13</b> |
| 2.1. Área de Estudo .....                 | 13        |
| 2.2 Levantamento Topográfico.....         | 14        |
| 2.3 Processamento Digital de Imagens..... | 16        |
| <b>3. RESULTADOS.....</b>                 | <b>16</b> |
| <b>4. DISCUSSÃO .....</b>                 | <b>26</b> |
| <b>CONCLUSÕES.....</b>                    | <b>29</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                  | <b>30</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                        | <b>34</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1-</b> Localização da área de estudo delimitado pela linha de costa, evidenciando sua configuração atual no litoral norte da Ilha do Maranhão, processado pelo software ArcGIS Desktop 10.5.1..... | 14 |
| <b>Figura 2</b> – Feições aflorantes na linha de costa na Praia Ponta do Farol (a) e ausência de afloramentos exibindo amplo espaço de acomodação de sedimentos na Praia do Mangue Seco (b).....             | 15 |
| <b>Figura 3</b> - Perfil geral das zonas supramaré, intermaré e inframaré, Adaptado de Franco (2018).....  | 16 |
| <b>Figura 4</b> – Perfis topográficos da Praia Ponta do Farol, a sotamar do espigão natural nos meses de Abril e Setembro de 2019 (estação chuvosa P1).....  | 17 |
| <b>Figura 5</b> – Perfis topográficos da Praia Ponta do Farol, a sotamar do espigão natural nos meses Setembro de 2019 e Março de 2020 (estação seca P1).....  | 18 |
| <b>Figura 6</b> – Perfis topográficos da Praia Ponta do Farol, a barlamar do espigão natural nos meses de Abril e Setembro de 2019 (estação chuvosa P2).....   | 19 |
| <b>Figura 7</b> – Perfis topográficos da Praia Ponta do Farol, a barlamar do espigão natural nos meses de Setembro 2019 e Março de 2020 (estação seca P2).....   | 19 |
| <b>Figura 8</b> –Exposição do espigão natural na Praia Ponta do Farol na maré baixa.....   | 20 |
| <b>Figura 9</b> – Perfis topográficos da Praia do Caolho, a barlamar do espigão natural nos meses de Janeiro a Junho (estação chuvosa P3).....   | 21 |
| <b>Figura 10</b> – Perfis topográficos da Praia do Caolho, a barlamar do espigão natural nos meses de Julho a Outubro (estação seca P3).....   | 21 |
| <b>Figura 11</b> – Perfis topográficos da Praia do Caolho, a sotamar do espigão natural nos meses de Janeiro a Junho de 2015 (estação chuvosa P4).....   | 22 |
| <b>Figura 12</b> – Perfis topográficos da Praia do Caolho, a sotamar do espigão natural nos meses de Julho a Outubro de 2015 (estação seca P4).....  | 22 |
| <b>Figura 13</b> – Exposição do espigão natural na Praia do Caolho, na maré baixa. Reparar que na base do espigão afloram os sedimentos da Formação Alcântara.....   | 23 |
| <b>Figura 14</b> – Perfil topográfico e técnica de sondagem com haste metálica na Praia da Marcela (P5).....   | 23 |
| <b>Figura 15</b> – Perfil topográfico da Praia do Mangue Seco no mês de Setembro de 2019 (P6).....   | 24 |
| <b>Figura 16</b> – Mapa de Declividade da Orla Oceânica da Ilha do Maranhão.....   | 25 |
| <b>Figura 17</b> - Esquema demonstrativo de processo de formação dos enrocamentos naturais por meio da erosão das falésias. Retirado de Franco (2018).....   | 28 |

# INFLUÊNCIA DA TOPOGRAFIA ANTECEDENTE NA CONFIGURAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA ORLA OCEÂNICA DA ILHA DO MARANHÃO

## *INFLUENCE OF THE ANTECEDENT TOPOGRAPHY ON THE GEOMORPHOLOGICAL CONFIGURATION OF THE OCEANIC SHORE OF THE ISLAND OF MARANHÃO*

**Samuel Araujo da SILVA<sup>1</sup>, Leonardo Gonçalves de LIMA<sup>2</sup>, Cláudia Klose PARISE<sup>2</sup>, Denilson da Silva BEZERRA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Maranhão, Curso de Graduação em Oceanografia, Av. dos Portugueses, 1966 - Vila Bacanga, São Luís – MA, e-mails: samuel.oceano7@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Av. dos Portugueses, 1966 - Vila Bacanga, São Luís – MA, e-mails: paleonardo\_7@hotmail.com; claudiakparise@gmail.com; denilson\_ca@yahoo.com.br

Introdução  
Métodos  
Área de Estudo  
Levantamento Topográfico  
Processamento Digital de Imagens  
Resultados  
Discussão  
Conclusões  
Referências

**RESUMO** - A topografia antecedente controla as morfologias costeiras atuais, fornecendo declive regional estabelecendo orientação costeira inicial em relação aos ventos, correntes, ondas prevaletentes, e por meio de variações locais herdadas de vales e interflúvios que criam reentrâncias e promontórios ou projeções costeiras. As praias oceânicas do presente estudo integram o sistema de barreiras costeiras anexadas (*mainland beach barriers*) caracterizadas pelas falésias da Formação Itapecuru, onde ocorre intensos processos erosivos. O presente estudo tem como objetivo avaliar se a topografia antecedente influencia o comportamento morfodinâmico atual das praias da orla oceânica da Ilha do Maranhão. A partir de perfis topográficos, variações de balanço sedimentar, espessura do pacote sedimentar e declividade das falésias, foi possível verificar que os espigões naturais são feições geomorfológicas que atuam no barramento da corrente longitudinal, ocasionando depósito de sedimento a barlar e erosão a sotamar. Foi evidenciado uma tênue camada da espessura sedimentar na praia da Marcela e um amplo espaço de acomodação de sedimentos na praia do Mangue Seco. O mapeamento de falésias indicou o comportamento de larga escala do controle geológico atuante através dos espigões naturais da proximidade entre falésia e linha de costa e da orientação da linha de costa. Os resultados obtidos demonstram que há influência da topografia antecedente no comportamento morfodinâmico das praias da Ilha do Maranhão pela gênese e controle de feições de larga escala reconhecidas como espigões naturais.

**Palavras chave:** topografia antecedente; espigão natural; depósitos aflorantes; balanço sedimentar, mapeamento

## 1.INTRODUÇÃO

Os sistemas costeiros existem em grande parte dentro de um ambiente dissipativo de energia, com forçantes temporalmente variáveis como as ondas, e da energia das marés e correntes (JACKSON *et al.*, 2005). A evolução desses sistemas é controlada em parte por três grandes condições geológicas e geomórficas preexistentes: topografia antecedente, suprimento de sedimentos e tectonismo local. A topografia antecedente controla as morfologias costeiras atuais, fornecendo declive regional (como sistemas de barreira-lagoa em uma costa da planície costeira e falésias em uma costa íngreme e

montanhosa), estabelecendo orientação costeira inicial em relação aos ventos e ondas prevalecentes, e por meio de variações locais herdadas de vales e interflúvios que criam reentrâncias e projeções costeiras como promontórios (Belknap e Kraft, 1985). Devido à refração das ondas e os efeitos do foco das ondas, as costas salientes ou com projeções costeiras estão geralmente sujeitas à erosão, enquanto as reentrantes sofrem deposição (May e Tanner, 1973).

Por ser a praia uma das feições mais recorrentes da orla costeira, é também a mais considerada nos estudos de variabilidade morfodinâmica e da mobilidade da linha de costa no sentido de identificar tendências de erosão, estabilidade ou progradação (Muehe, 2014). Toda praia existe em uma estrutura geológica 3D específica, e é essa estrutura que determina os limites dentro dos quais a praia se forma (espaço de acomodação) e flutua (por exemplo, envelope de perfil ou zona de varrido), conforme é retrabalhada por forças dinâmicas. Essas forças dinâmicas são elas próprias mediadas por certos parâmetros geológicos, incluindo afloramentos rochosos, que alteram a rugosidade do leito, influenciam a quebra de ondas e direciona o fluxo de água na praia (Jackson e Cooper, 2009). Respondendo a estas flutuações de energia, a morfodinâmica da praia, que é o resultado da interação entre as ondas incidentes, o sedimento e a morfologia antecedente da praia (MENEZES, 1999), modifica-se constantemente, resultando em variações espaciais da linha de costa por processos de acreção e erosão praial (Simó e Horn, 2004).

No Brasil, segundo relatório publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (Muehe, 2006) intitulado “Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro”, os processos de erosão ocorrem ao longo de toda a costa, com predomínio sobre os processos de acreção. A Ilha do Maranhão, assim como nas demais cidades litorâneas, vem sofrendo com os processos erosivos. Segundo Sousa *et al.* (2005) a ação das ondas sobre alto declive causa erosão, que promove o recuo da linha de costa. Isto está associado à composição mineralógica que forma o Grupo Barreiras (siltitos, argilitos, arenitos e folhelhos) que é altamente suscetível à erosão. As praias do litoral norte da Ilha do Maranhão sofrem transformações morfológicas (Santos, 1989; Feitosa, 1989, 1997; Tarouco e Santos, 1997; Sobrinho, 1998), e também de origem antrópica (Viana, 2000). Muitos estudos praias adotaram o modelo de um sistema que move em direção a um estado de equilíbrio dinâmico sob condições de força constante. Modelos que descrevem a forma morfológica das praias arenosas (Dean, 1973; Wright e Short, 1984; Masselink e Short, 1993) assumiram esses conceitos de estados de equilíbrio e agora são comuns em muitos estudos sobre a morfodinâmica costeira contemporânea (Carter, 1988; Woodroffe, 2002).

A maioria das pesquisas sobre morfodinâmica das praias concentra-se nas trocas de sedimentos ao longo da costa, que se supõe serem irrestritas pela geologia ou outros substratos duros (Cowell e Thom, 1994; Short e Jackson, 2013; Feal-Pérez *et al.*, 2014; Trenhaile, 2018). No entanto, muitas praias têm controles geológicos significativos, devido a promontórios, recifes, plataformas, afloramentos rochosos e ilhotas (Short, 2006), que determinam os limites das praias, a morfologia das praias, a morfodinâmica e a evolução a longo prazo (Jackson *et al.*, 2005; Gómez-Pujol *et al.*, 2007; Short, 2010). Um número crescente de estudos mostra que as praias com controle geológico têm comportamentos distintos em comparação às praias sem restrições (González *et al.*, 1999; Muñoz-Pérez *et al.*, 1999; Jackson *et al.*, 2005; Jackson e Cooper, 2009; Loureiro *et al.*, 2013; Gallop *et al.*, 2011b, 2012, 2013, 2015a; Trenhaile, 2016), o que causa complicações significativas para os gestores costeiros, pois os modelos erosivos tradicionais geralmente não são diretamente aplicáveis em tais ambientes.

A Margem Equatorial Brasileira apresenta feições geomorfológicas características de costa dominada por macromarés, com a presença de estuários, deltas, planícies de maré, ilhas-barreiras, praias, entre outras formações (Souza Filho, 1995). Os agentes físicos que atuaram ao longo da Transgressão Marinha Pós-Glacial (TMP) ampliam ou minimizam a exposição e orientação da linha de costa em resposta a diferentes compartimentos deposicionais que se instalaram ao longo desta margem continental.

Na Ilha do Maranhão as praias oceânicas integram sistemas de barreiras costeiras que podem ser divididos em dois morfotipos principais: as barreiras de praias anexadas (*Mainland Beach Barrier*), que se caracterizam por ter uma topografia antecedente (falésias da Formação Itapecuru) com gradiente íngreme onde ocorre a perda contínua de areia na costa erodida (*p.e.* Roy *et al.*, 1994) e as barreiras de esporões arenosos ligadas a cabeços de promontórios (*Headland Spit Barrier*) que se caracterizam por um sistema laguna-barreira ancorado em afloramentos (falésias) da Formação Itapecuru. Este último morfotipo desenvolve-se onde existe brusca variação de orientação da linha de costa ou onde a topografia antecedente é mais resistente à erosão marinha. Este morfotipo de barreiras origina-se de um amplo transporte de sedimentos via deriva litorânea onde geralmente seu prolongamento é interrompido pelo efeito espigão hidráulico, em virtude de elevados prismas de maré nas desembocaduras fluviais. Esta região costeira está sob influência de um regime de macromaré semi-diurna, com alturas de até 7,5 m (DHN, 2004) e recebe ventos constantes vindos de NE, os quais, por sua vez, resultam em ondas de até 1,5 m de altura. Eventos extremos são frequentes no verão e resultam de ciclones

Tropicais originados no Hemisfério Norte (Quadros, 2016).

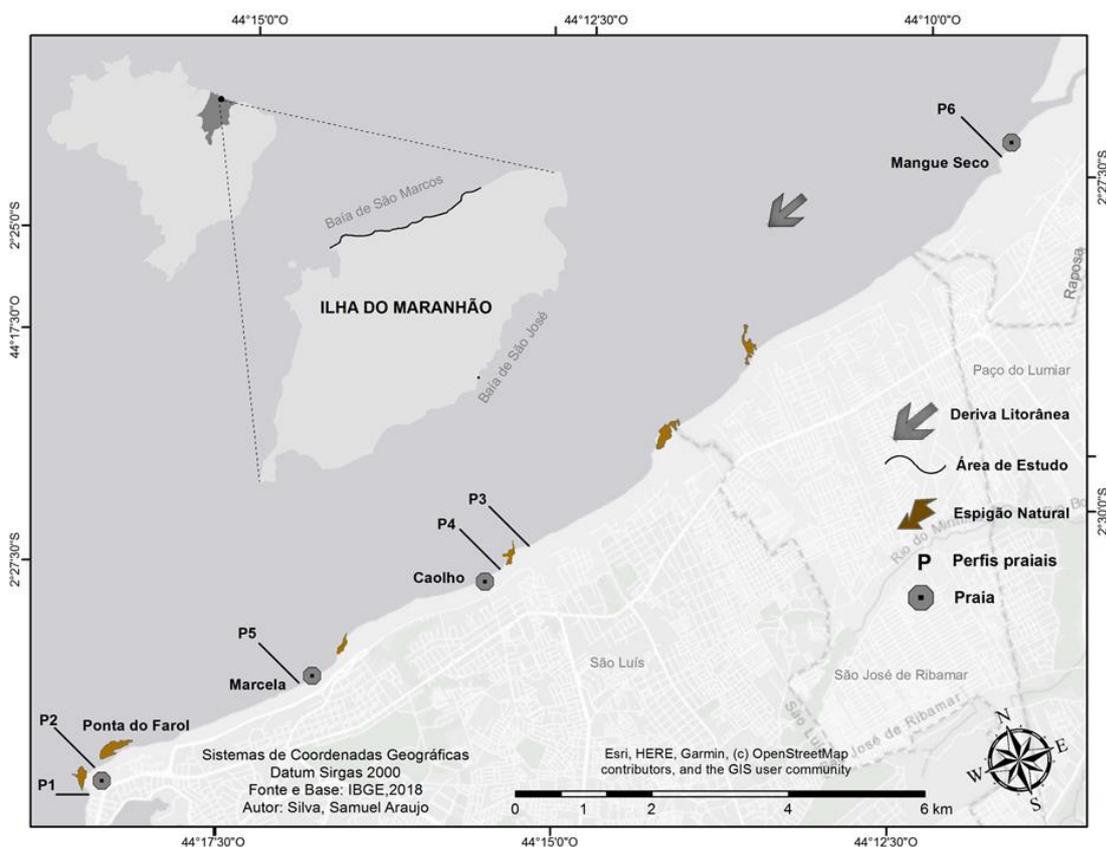
Assim, praias controladas geologicamente não são classificadas como um tipo distinto, há uma deficiência de dados sobre seu comportamento e não há uma terminologia específica. Assim, o presente estudo tem como objetivo, avaliar se a topografia antecedente influencia o comportamento morfodinâmico atual das praias da orla oceânica da Ilha do Maranhão.

## **2. MÉTODOS**

### **2.1. Área de Estudo**

A Ilha do Maranhão está localizada no Estado do Maranhão, entre as baías de São Marcos e São José de Ribamar, no Golfão Maranhense (Figura 1). Além da capital São Luís, localizam-se na ilha os municípios de Paço do Lumiar, Raposa e São José de Ribamar. As estações climáticas na Ilha do Maranhão são bem definidas, iniciando com o período chuvoso que varia entre janeiro a junho, e o período de estiagem de julho a dezembro (Feitosa, 1989). Segundo El-Robrini *et al.* (2006) as praias do litoral norte da Ilha do Maranhão apresentam largura média de aproximadamente 250 m, podendo variar em face da grande amplitude de maré. As praias possuem extensão média de até 8 km, Santos (1996), com declividade suave, bem como uma larga e extensa zona de estirâncio, resultante da grande altura das marés, característica da região que, durante as marés de sizígia, ultrapassam os 7 m (DHN,2017).

Segundo Vasconcelos (2017), de linha de costa oceânica os 52,18 km na Ilha do Maranhão passam pelos 4 municípios existentes na citada ilha: São Luís (25,92%), Raposa (64,94%), São José de Ribamar (7,30%) e Paço do Lumiar (1,84%). Em São Luís, as praias oceânicas são orientadas no sentido NE-SW (Figura 1), e o transporte sedimentar é longitudinal para SW (Pereira *et al.*, 2014). Observam-se ainda canais de maré formados na zona intermaré, os quais assumem dimensões variadas e são constituídas por sedimentos finos (Feitosa e Cristofolletti, 1993). A continuidade destas praias é interrompida somente pelos afloramentos (falésias) dos sedimentos do Grupo Barreiras e Formação Alcântara na face praial, que fazem parte da topografia antecedente, e contribuem para o surgimento de crostas lateríticas. Estes setores são altamente dinâmicos, sofrendo com intensa erosão costeira.



**Figura 1-** Localização da área de estudo delimitado pela linha de costa, evidenciando sua configuração atual no litoral norte da Ilha do Maranhão, processado pelo software ArcGIS Desktop 10.5.1.

## 2.2 Levantamento Topográfico

Para alcançar os objetivos do presente estudo, foram realizados perfis topográficos transversais à linha de costa, segundo método descrito em Birkemeier (1981). O balanço sedimentar foi estimado através da subtração das cotas altimétricas dos meses monitorados entre os períodos de chuva e seca. Essa subtração apresenta dados em volume da variação interna entre os perfis. Para tal, quatro diferentes setores do litoral da orla oceânica da Ilha do Maranhão foram amostrados entre 2014 e 2020. A Praia do Caolho e Ponta do Farol localizada em setores que exibem crostas, nódulos lateríticos e fácies sedimentares da formação Alcântara aflorando na linha de costa, e Praia da Marcela e Praia do Mangue Seco onde não são aflorantes tais depósitos (Figura 2).

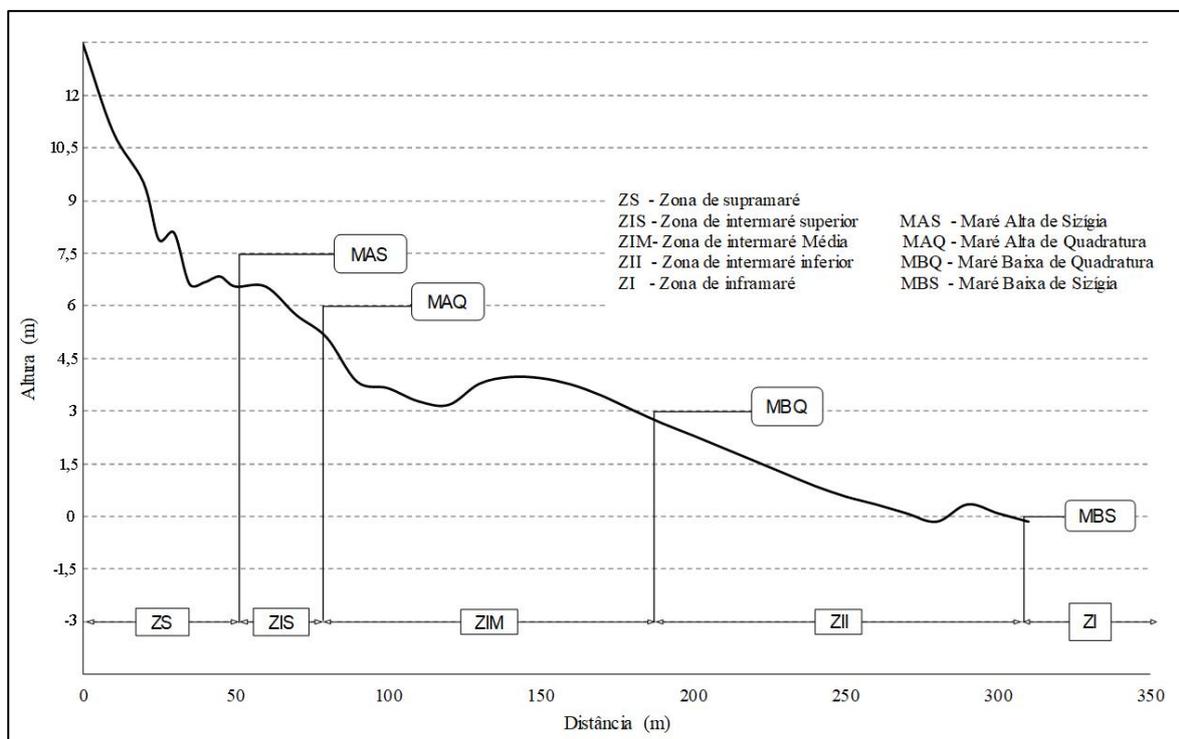


**Figura 2** – Feições aflorantes na linha de costa na Praia Ponta do Farol (a) e ausência de afloramentos exibindo amplo espaço de acomodação de sedimentos na Praia do Mangue Seco (b).

Nas praias onde afloram as crostas, nódulos lateríticos e fácies sedimentares da formação Alcântara foram realizados dois perfis: um a barlamar e um a sotamar dos afloramentos. Nas praias onde não afloram as crostas, nódulos lateríticos e fácies sedimentares da formação Alcântara, apenas um transecto foi executado, sendo que, na Praia da Marcela, de forma adicional à perfilagem topográfica, foi adotada a técnica de sondagem à percussão na face praial com haste metálica. Esta técnica permite basicamente a identificação de horizontes lateríticos, impenetráveis à percussão da haste, determinando a espessura do pacote sedimentar (penetrável) sobre tal horizonte impenetrável.

Para identificar o comportamento morfológico das praias da Ponta do Farol, Praia do Caolho e Praia do Mangue Seco, foram realizadas campanhas semestrais de levantamentos topográficos entre abril de 2019 e março de 2020. Com o intuito de reunir mais informações sobre a morfodinâmica das praias da Ilha do Maranhão, foram utilizadas informações do banco de dados de perfis praias do Laboratório de Estudos em Oceanografia Geológica (LEOG), na qual utilizou-se para compor as análises da Praia do Caolho nas duas zonas estudadas, que seguem em anos distintos: 2014 (setembro e novembro) e 2015 (janeiro a outubro). Para o processamento e visualização dos perfis praias, foi utilizado o programa Microsoft Excel 2016, na qual gráficos foram desenvolvidos. Os compartimentos da face praial foram categorizados seguindo a proposta de Wright et al. (1982), da seguinte forma: zona de supramaré região sem a incidência da maré, geralmente da frente da duna frontal até a zona de deposição de lixo. Entre os níveis de maré alta de sizígia (MAS) e maré alta de quadratura (MAQ) está a zona de intermaré superior (ZIS). Mais abaixo da MAQ e antes da maré baixa de

quadratura (MBQ) está a zona de intermaré média (ZIM). Entre a MBQ e a maré baixa de sizígia (MBS) localiza-se a zona de intermaré inferior (ZII) e abaixo da maré baixa de sizígia (MBS) está a zona de inframaré (ZI) (Figura 4).



**Figura 3** - Perfil geral das zonas supramaré, intermaré e inframaré, Adaptado de Franco (2018).

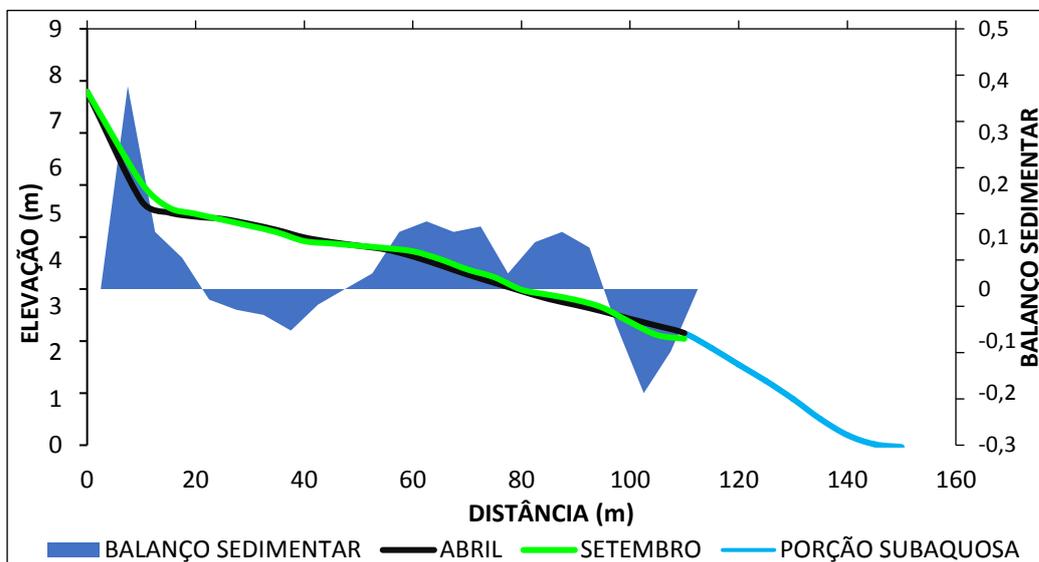
### 2.3 Processamento Digital de Imagens

O uso de um Modelo de Elevação Digital (MDE) por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG) permite analisar características topográficas com vantagens operacionais e qualidade na representação de feições que compõe a área de estudo para melhor interpretação. Optou-se por utilizar o MDE ALOS World 3D-30 (AW3D30), extraídos do sensor PRISM (*Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*), com resolução espacial de 30 m, que demonstra uma visibilidade mais nítida da topografia antecedente. O processamento das imagens foi realizado pelo software ArcGIS Desktop 10.5.1.

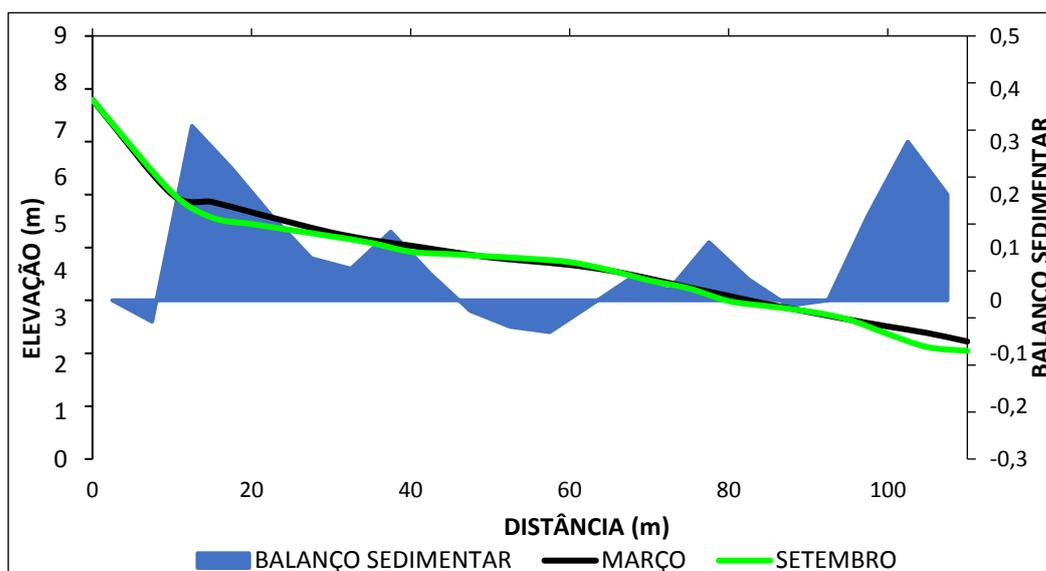
## 3. RESULTADOS

No perfil 1 (Figura 4 e 5) localizado na Praia da Ponta do Farol, classificada como uma barreira de praia anexada *mainland beach barrier* (Lima *et al.*, 2020b, *no prelo*). Nesta praia é evidente a exposição da topografia antecedente (fácies sedimentares da

Formação Itapecuru) na zona inframaré, intermaré e supramaré. O perfil 1 tem início sobre um enrocamento (*seawall*), um muro de contenção que serve de proteção à erosão da orla, onde foi ancorado o perfil. O perfil 1 encontra-se posicionado a sotamar de um espigão natural (Figuras 1 e 8), ou seja, na zona de sombra do espigão. O perfil 1 mostra uma praia com um reduzido prisma praial (135 m), sendo também a praia mais íngreme dentre todas as praias monitoradas. Foram realizados três monitoramentos, nos meses abril e setembro de 2019, e março de 2020. O perfil 1 exibe pouca variabilidade tanto no período de chuvas como no período de seca, como evidenciado pelo balanço sedimentar (Figura 4). No mês de abril foi possível prolongar a perfilagem ao setor subaquoso da praia na zona inframaré, evidenciando o afloramento de crostas e nódulos lateríticos.



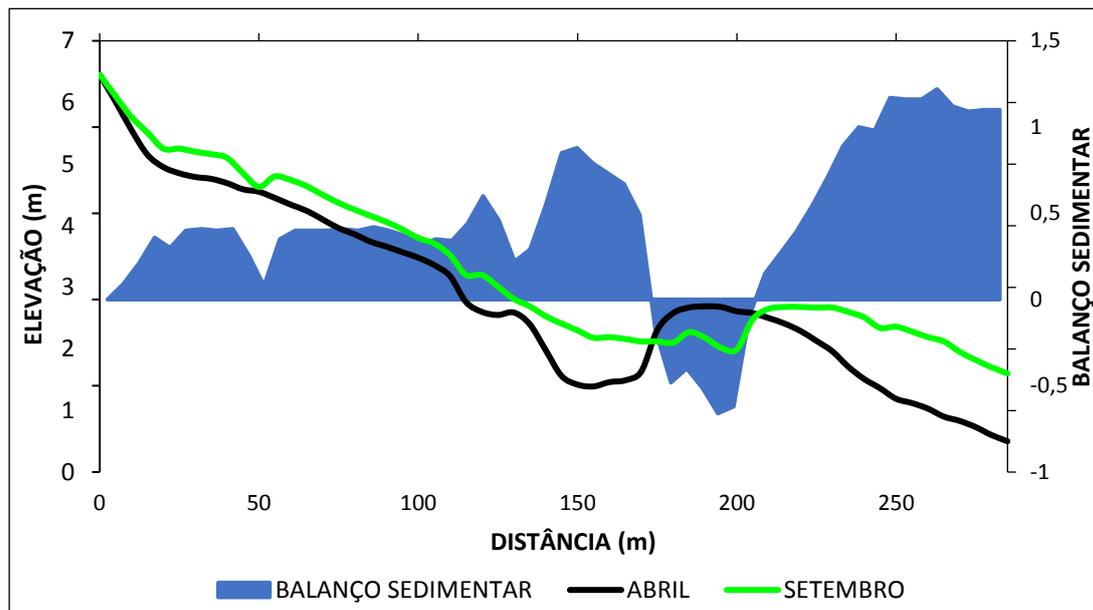
**Figura 4** – Perfis topográficos da Praia Ponta do Farol, a sotamar do espigão natural nos meses de Abril e Setembro de 2019 (estação chuvosa P1).



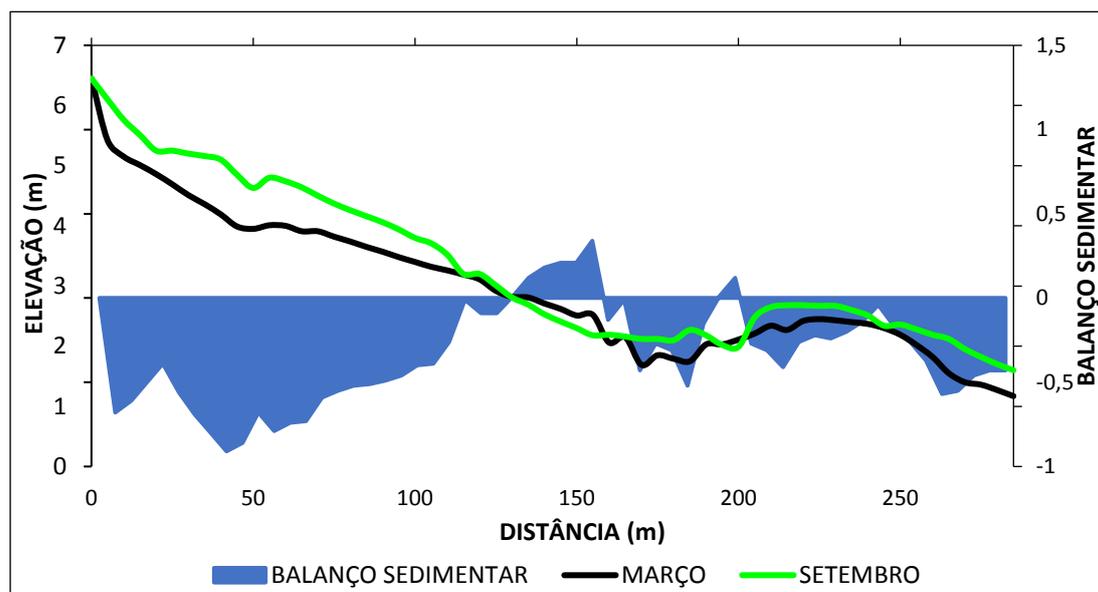
**Figura 5** – Perfis topográficos da Praia Ponta do Farol, a sotamar do espigão natural nos meses de Setembro de 2019 e Março de 2020 (estação seca P1).

O perfil 2 (Figura 6 e 7), também realizado na Praia Ponta do Farol, inicia diretamente na base da falésia, a barlar do espigão natural (Figura 1), onde nódulos lateríticos rolados pela praia são aflorantes juntamente com fácies sedimentares da Formação Alcântara. Assim como no perfil 1 (Figura 4 e 5), foram realizados três monitoramentos, nos mesmos meses do perfil 1 (abril e setembro de 2019, e março de 2020).

Os perfis apresentam uma extensão média de 285 m, sendo que na estação chuvosa exibem maior variabilidade tendo um comportamento de acreção na zona intermaré superior. Este saldo positivo coincide com a face praial da zona intermaré superior, pois além disso em direção da baía, ocorre a presença estrutural do espigão natural. A presença do espigão cria no perfil 2 uma depressão na distância de 150 m, onde a ação do mesmo é percebida pelo pico de erosão na zona intermaré média nos 200 m. Já na estação seca, os valores de balanço sedimentar na zona intermaré inferior, denotam maior variabilidade, em comparação a zona intermaré média, com déficit na porção superior. Em março de 2020, onde há ação da maré equinocial, ocorreu erosão praial neste setor.



**Figura 6** – Perfis topográficos da Praia Ponta do Farol, a barlamar do espigão natural nos meses de Abril e Setembro de 2019 (estação chuvosa P2).



**Figura 7** – Perfis topográficos da Praia Ponta do Farol, a barlamar do espigão natural nos meses de Setembro 2019 e Março de 2020 (estação seca P2).

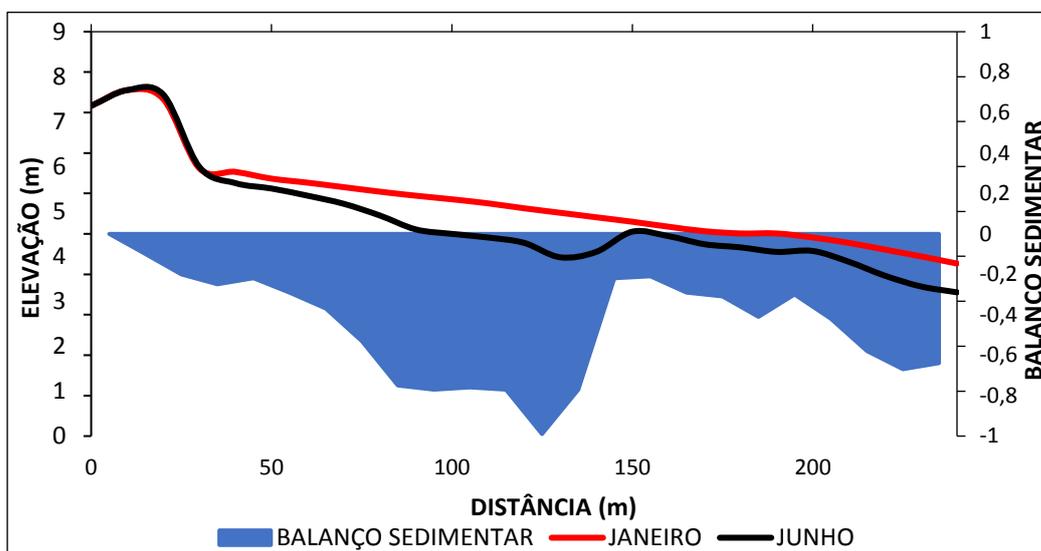


**Figura 8** –Exposição do espigão natural na Praia Ponta do Farol na maré baixa.

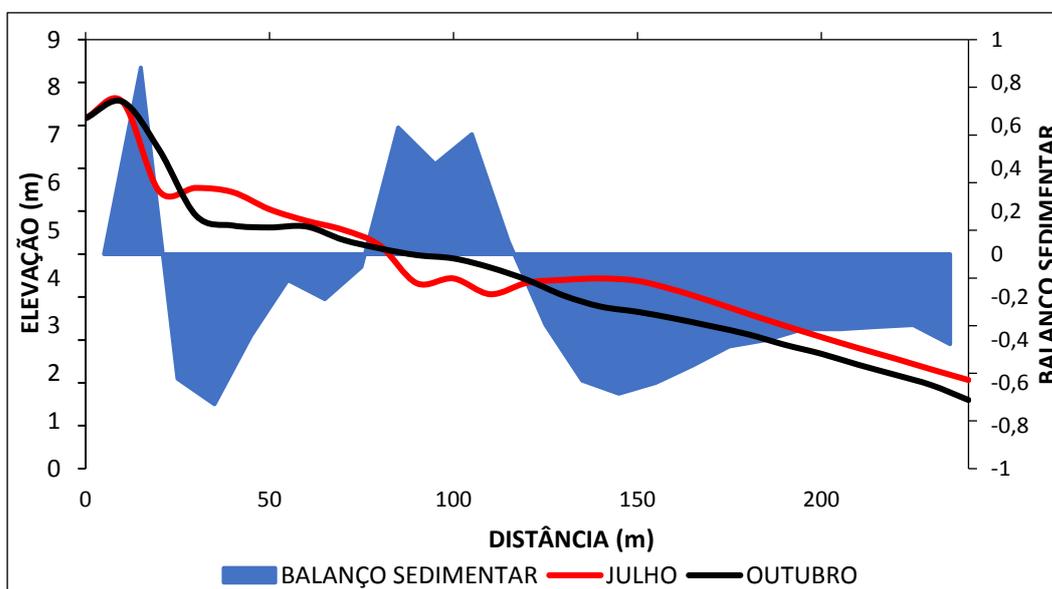
O perfil 3 (Figura 9 e 10), está localizado na Praia do Caolho, uma praia enquadrada no morfotipo *mainland beach barrier* (Lima *et al.*, 2020b, *no prelo*), indicando a perda contínua de sedimento devido à erosão e influência da topografia antecedente. O perfil se inicia num enrocamento (*seawall*), no qual os perfis foram ancorados a barlar do espigão natural, possuindo a maior extensão em comparação com os perfis analisados com média de 240 m, demonstrando baixo declive (Figura 1 e 13). Neste perfil e no perfil 4, diferentemente dos perfis 1 e 2, o espaço entre a falésia e a praia é maior devido à presença da Avenida Litorânea entre eles, revelando depósitos eólicos na base das falésias.

A face praial deste perfil é compartimentada entre a zona de intermaré superior e a zona de intermaré média onde tem início o desenvolvimento do espigão natural. Este setor apresenta um espaço de acomodação reduzido indicado pelo afloramento da formação Alcântara diretamente na praia, tendo uma atuação definida com o Rio Pimenta que possui influência sazonal no suprimento sedimentar para a praia. Foram realizados 9 perfis nos meses de Setembro e Novembro de 2014; Janeiro, Junho, Julho e Outubro de 2015; Abril e Setembro de 2019, e Março de 2020. No perfil 3, a estação chuvosa aponta uma menor variabilidade em termos de acresção e erosão quando comparado a estação seca. As maiores variações, evidenciadas pelo balanço sedimentar, são expressas na ação

erosiva nas duas estações, sendo que no período seco na zona intermaré superior, há saldo e déficit dos 20 m aos 110 m, mudando seu comportamento na zona intermaré média no trecho onde há maior atuação do espigão natural denotando processos erosivos em sua extensão.

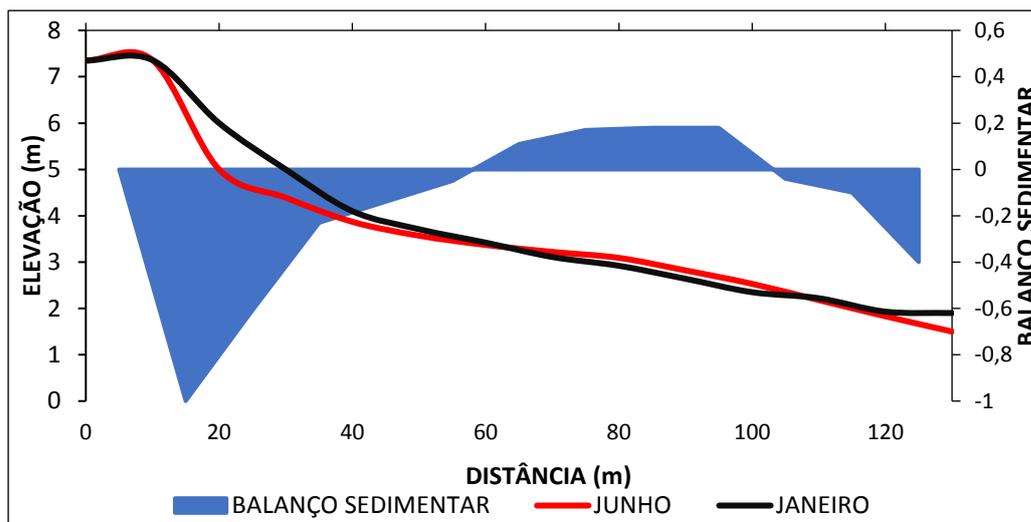


**Figura 9** – Perfis topográficos da Praia do Caolho, a barlar do espigão natural nos meses de Janeiro a Junho (estação chuvosa P3).

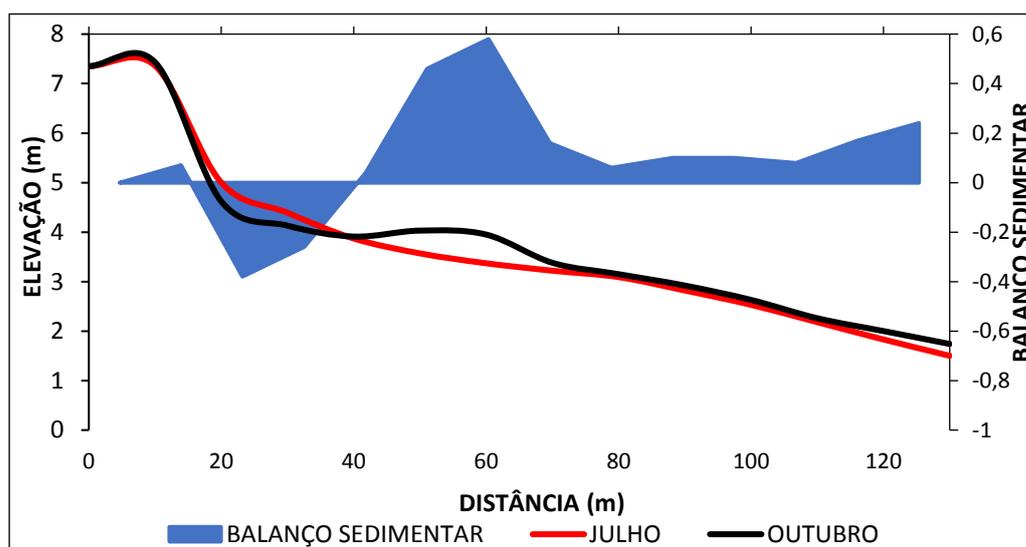


**Figura 10** – Perfis topográficos da Praia do Caolho, a barlar do espigão natural nos meses de Julho a Outubro (estação seca P3).

O perfil 4 (Figura 11 e 12), localizado na Praia do Caolho, inicia num enrocamento (*seawall*), onde os perfis foram ancorados, posicionado a sotamar do espigão natural (Figura 1 e 13), contendo em sua extensão média 130 m. Foram realizados 4 perfis neste setor, onde os meses foram separados em estação chuvosa e seca, Janeiro e Junho (2015), Julho e Outubro (2015), respectivamente, assim como no perfil 3. Neste perfil observou-se um comportamento padronizado nas estações demonstrando baixa variabilidade como demonstrado pelo balanço sedimentar.



**Figura 11** – Perfis topográficos da Praia do Caolho, a sotamar do espigão natural nos meses de Janeiro a Junho de 2015 (estação chuvosa P4).

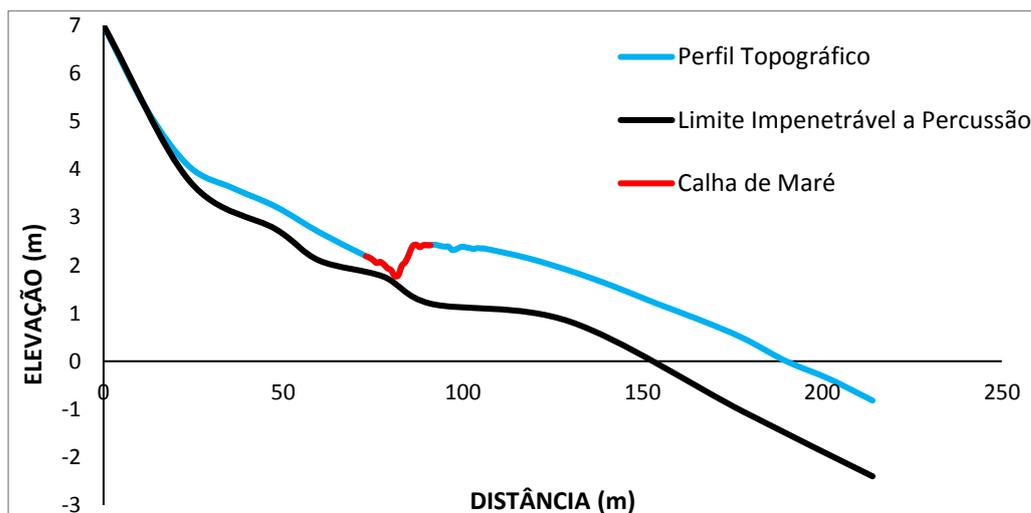


**Figura 12** – Perfis topográficos da Praia do Caolho, a sotamar do espigão natural nos meses de Julho a Outubro de 2015 (estação seca P4).



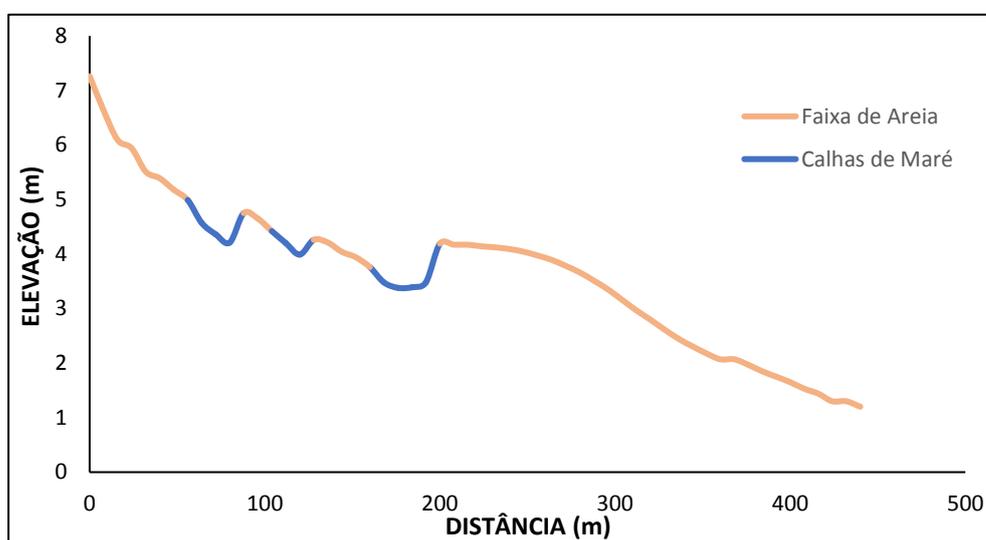
**Figura 13** – Exposição do espigão natural na Praia do Caolho, na maré baixa. Reparar que na base do espigão afloram os sedimentos da Formação Alcântara.

No perfil 5 (Figura 14) localizado na Praia da Marcela, foi adotada uma técnica de sondagem à percussão para obtenção da espessura do pacote sedimentar sobre os depósitos de tálus em que são concentrados crostas e nódulos lateríticos em sub-superfície. O perfil foi realizado no mês de Dezembro de 2016 e se prolonga na zona intermaré superior e médio, com extensão de 214 m, na qual se evidenciou abaixo do sedimento a existência do tálus, composto por blocos de rochas de variados tamanhos, respondendo ao que se compara no compartimento do sopé da falésia, onde é encontrado tal feição (Figura 15).



**Figura 14** – Perfil topográfico e técnica de sondagem com haste metálica na Praia da Marcela (P5).

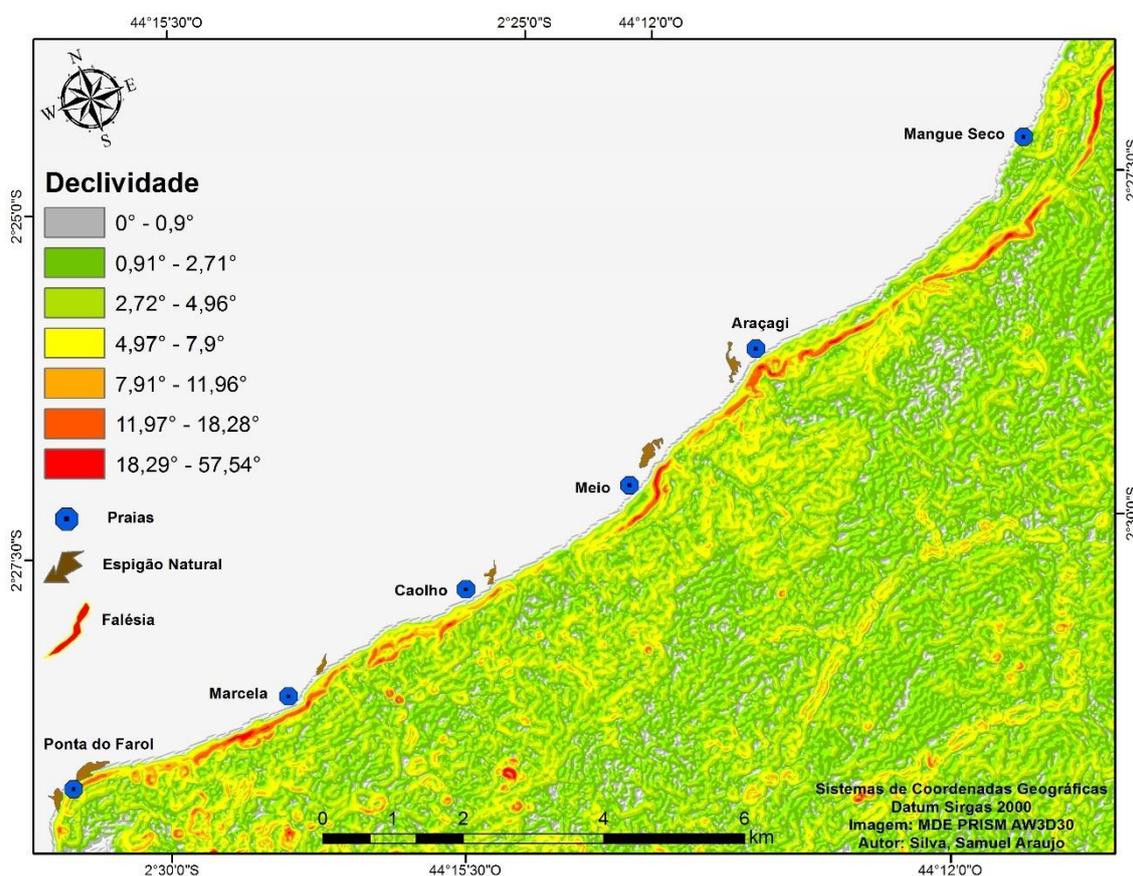
O perfil 6 (Figura 15) localizado na Praia do Mangue Seco, exibe características distintas dos perfis anteriores, na qual a falésia se limita nos setores distantes que antecedem à praia, onde não são aparentes depósitos aflorantes na face praial, nem configurações de espigões naturais. O perfil 6 foi realizado no mês de Setembro de 2019, com extensão de 440 m. Este perfil, exibe baixa declividade indicando compor uma planície flúvio-marinha, que apresenta uma baixada litorânea, exibindo dunas móveis, manguezais e marismas na zona de supramaré, sendo que na zona intermaré superior, há ocorrência de calhas de maré modeladas por uma espaçosa rede de canais que geralmente são preenchidos nas marés altas, prosseguindo por uma extensa faixa de areia na zona intermaré média que denota um amplo espaço de acomodação, apresentando um vasto estoque sedimentar.



**Figura 15** – Perfil topográfico da Praia do Mangue Seco no mês de Setembro de 2019 (P6).

O modelo de elevação digital (Figura 16) exibe a declividade da área de estudo, demonstrando as inclinações em relação a um eixo horizontal em toda linha de costa, denotando principalmente a configuração das falésias. Foram selecionadas 7 classes que mostram que o grau de inclinação varia de  $0^{\circ}$ - $0,9^{\circ}$  (mínimo) a  $18,29^{\circ}$ - $57,54^{\circ}$  (máximo). A imagem apresenta feições das praias, espigões naturais e as falésias no litoral. Foi verificado inicialmente a extensão da falésia no sentido da Praia da Ponta do Farol até a Praia do Mangue Seco, onde quase não tem interrupções, sendo percebido em maior escala nos baixos declives entre a Praia do Caolho e Praia do Meio, com a presença da desembocadura do Rio Pimenta entre os mesmos. Seguindo-se da Praia do Meio, passando pela Praia do Araçagi, a falésia começa a se distanciar da linha de costa,

mostrando maior espaço de acomodação até chegar na Praia do Mangue Seco. Observou-se que nas altas declividades da falésia, nos locais das praias estudadas em questão, ocorre um comportamento no qual o distanciamento entre a falésia e a praia determina os compartimentos, a morfodinâmica e a influência da topografia antecedente. Nas Praias Ponta do Farol, Marcela e Caolho, onde há proximidade das falésias com a orla oceânica, ocorre a exposição de afloramentos da Formação Alcântara, nódulos e crostas lateríticas, demonstrando a intensa erosão costeira e a atuação dos espigões naturais. O inverso ocorre na Praia do Mangue Seco onde a falésia se posiciona na região superior da face praial, mostrando um volumoso espaço de acomodação para comportar sedimentos, com ausência das concreções lateríticas.



**Figura 16** – Mapa de Declividade da Orla Oceânica da Ilha do Maranhão.

#### 4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesta pesquisa se configuram nas relações entre a morfologia da praia, balanço sedimentar e proximidade da topografia antecedente. As praias oceânicas da Ilha do Maranhão se caracterizam por um sistema de barreira de praias anexadas (*mainland beach barrier*) (*sensu* Roy *et al.*, 1994), indicando intensa erosão costeira (Lima *et al.*, 2020b, *no prelo*). Este sistema costeiro se relaciona diretamente com a corrente longitudinal de sedimentos, a qual é obstruída em setores específicos na linha de costa por feições geomorfológicas, oriundas de processo erosivo sobre a geologia antecedente. À medida que se processou a Última Transgressão Marinha Pós-Glacial, a erosão da antepraia sobre os sedimentos da Formação Itapecuru, resultou no desenvolvimento de uma curva transgressiva, onde cascalhos e blocos lateríticos foram aprisionados na face praial devido ao seu tamanho, sendo reorganizados em formato de espigões costeiros. Estes espigões naturais projetam-se em direção da antepraia tornando-se expostos somente na zona intermaré média (Lima *et al.*, 2020b, *no prelo*).

Trenhaile (2018) considera que o controle geológico das praias ocorre onde os leitos rochosos estão aflorando no perfil da praia, em áreas de alta declividade no relevo costeiro e nos casos em que há um suprimento restrito de sedimentos. Isso é constatado pelo grau de declividade evidenciado nas falésias da ordem de 18,29° a 57,54° (Figura 16) indo em direção às baixas declividades onde estão ancorados os espigões naturais das praias pesquisadas. O controle geológico da orla oceânica da Ilha do Maranhão se configura de modo em que as praias acompanham as mudanças que ocorrem ao longo do tempo, sendo modificadas por fatores climáticos e principalmente geomorfológicos, quando a linha de costa interage com a topografia antecedente. Essa interação é percebida pela proximidade das falésias com as praias analisadas, indicando a formação e exposição na zona intermarés dos espigões naturais. Por outro lado, o distanciamento das falésias se mostra como indicativo de mudança comportamental da barreira costeira relacionada com a formação de esporões arenosos ligados ao continente (*headlands spits*). No entanto, o que se procede neste sistema é que o espaço de acomodação em retrobarreira foi parcialmente preenchido, sendo ocupado pelo ecossistema de manguezal.

Hoefel (1998) pontua que em praias com obstáculos naturais ou artificiais, os efeitos da deriva são bem visíveis. O resultado de tais feições naturais nas Praias da Ponta do Farol e Caolho consiste num padrão erosivo que se concentra a sotamar do espigão natural, demonstrando baixa variabilidade no balanço sedimentar ao longo do monitoramento. Neste setor, a deriva litorânea é magnificada pela zona de sombra dos

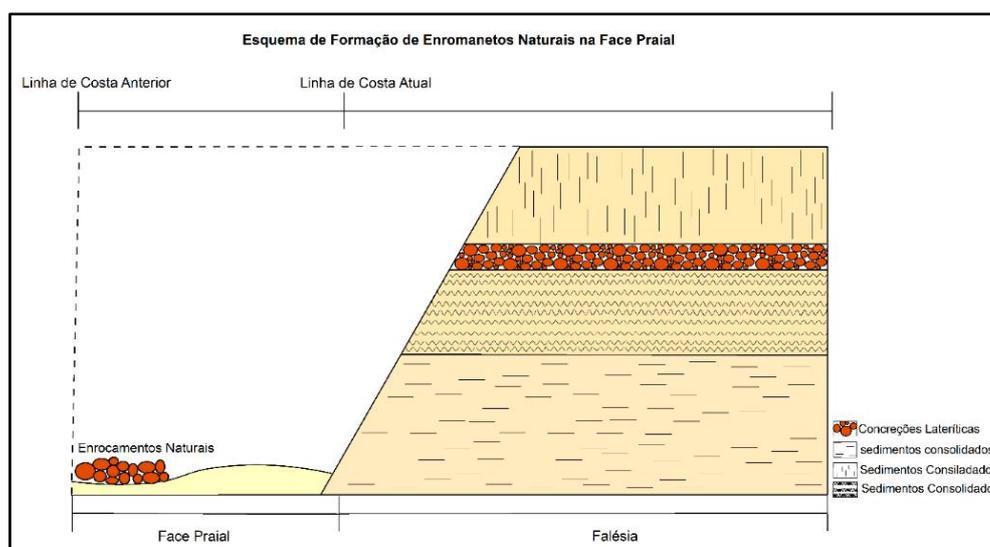
espigões, ocasionando sempre a remobilização do sedimento em cada ciclo de maré. Os resultados do balanço sedimentar do perfil 1 e 4, indicam isso, ou seja, independente dos períodos de chuva e seca, estes perfis a sotamar dos espigões naturais sempre comportam-se como um fator intrínseco no padrão morfodinâmico sob ação erosiva da deriva litorânea. É importante considerar a atuação indireta dos esporões arenosos sobre a topografia antecedente, onde a deriva litorânea transporta continuamente areia para a falésia, criando setores onde são barradas pelos espigões naturais, causando um processo de progradação pelo acúmulo de sedimentos, evidenciado principalmente nas marés de sizígias.

Diferentemente do que ocorre a sotamar, a barlamar (Figura 6 e 7) de estruturas transversais como espigões naturais, como explica Muehe (1998), por conta do transporte de deriva, o arco praial sofre deposição. Isto foi verificado na estação chuvosa na Ponta do Farol, com ampla deposição na zona intermaré superior e intermaré inferior. No entanto durante a estação seca os resultados do balanço sedimentar tiveram predomínio de erosão, confirmando que a retenção de sedimentos a barlamar destes espigões naturais pode variar sazonalmente. De acordo com Lima (2020b, *no prelo*) o transporte longitudinal nos espigões naturais indica um fluxo padronizado nas marés de quadratura, na qual o sedimento permanece retido a montante destas feições, já nas marés de sizígia e equinociais esse fluxo é dinâmico e se posiciona na face praial, modificando a zona de arrebentação e se posicionando na zona intermaré superior. Como resultado disto, o transporte longitudinal é flutuante e dependente da maré. Tal afirmação se dá em conformidade com os resultados apresentados do balanço sedimentar na Praia da Ponta do Farol, onde a maior variação ocorre na parte dos perfis associada aos espigões. Entretanto, na parte elevada da praia (zona de intermaré superior), na maré de sizígia, e na estação seca principalmente, o sedimento é transportado, revelando o controle da topografia antecedente na disposição dos perfis praiais.

Os perfis praiais desenvolvidos no entorno de um espigão natural na Praia do Caolho não exibiram correspondência com o setor a barlamar da Ponta do Farol. Franco (2018), constatou que nesta localidade a presença do Rio Pimenta tem um papel importante na morfodinâmica desta praia, sendo responsável por saturar os sedimentos da praia, que se tornam mais suscetíveis a erosão, além de barrar o transporte eólico através do processo de coesão de partículas. Este mesmo autor constatou ao longo de um ano de monitoramento de perfis praiais na Praia do Caolho um balanço sedimentar de -

42,82 m<sup>3</sup>/m. Tal afirmação se dá por conta da intensa erosão percebida na Praia do Caolho na estação chuvosa, quando o sistema fluvial tem maior vazão. (Figura 9).

Essa dinâmica de retrabalhamento na face praial se dá em praias de macromaré que geralmente exibem um gradiente topográfico suave e um reduzido estoque sedimentar subaquoso de areia fina em forma de bancos arenosos, com uma zona de arrebenção do tipo deslizante e sem a presença de correntes de retorno (Mallmann *et al.*, 2014). Essa dinâmica é representada nos resultados que demonstram a espessura do pacote sedimentar na Praia da Marcela (Figura 14), mostrando que existe uma tênue camada de sedimentos inferior 2 metros recobrendo a topografia antecedente. Isto vai de encontro com o processo de erosão das falésias da Formação Alcântara, mais precisamente a erosão sobre as discordâncias da base e topo desta formação. Estes horizontes contêm abundantes crostas e nódulos lateríticos, que se concentram na face praial em virtude de suas dimensões (cascalho, seixo e bloco). Quando retrabalhados podem ser re-cimentados em feições transversais às praias (espigões naturais) como identificado neste estudo, sendo expostos ou recobertos por sedimentos como mostra o esquema na figura 17.



**Figura 17** - Esquema demonstrativo de processo de formação dos enrocamentos naturais por meio da erosão das falésias. Retirado de Franco (2018).

Isto é reforçado por Jackson e Cooper (2009) que descrevem as praias como uma cobertura de areia de espessura variável sobre a geologia antecedente, desenvolvendo-se sobre uma superfície rochosa irregular e pouco modificada pela planificação das ondas. A presença desses afloramentos rochosos sob a superfície influencia a dinâmica da praia, fornecendo uma superfície impermeável que evita a infiltração pelo movimento de

espraiamento das ondas, potencializando a retrolavagem e tornando a praia mais propensa a saturação e transporte dos sedimentos. A presença de níveis freáticos de água subterrânea também pode levar ao fluxo da mesma em direção à praia, à medida que os níveis das marés regridem, promovendo o desenvolvimento de canais de drenagem (Jackson e Cooper 2009). Essa afirmativa coincide geomorfologicamente com a Praia do Mangue Seco, que possui amplo espaço de acomodação, indicando um espesso pacote sedimentar pela configuração da falésia distanciada da praia, com uma ampla planície flúvio-marinha, ausência da topografia antecedente aflorante e baixa declividade, onde há ocorrência de calhas de maré modeladas por uma espaçosa rede de canais que geralmente são preenchidos na preamar.

## CONCLUSÕES

A topografia antecedente influencia o comportamento morfodinâmico das praias da Ilha do Maranhão pela gênese e controle de feições de larga escala reconhecidas como espigões naturais. Isso se deve principalmente pelas praias integrarem um sistema de barreiras costeiras e que respondem sensivelmente às características de tais feições, sendo explanadas pelos resultados aqui obtidos.

Os perfis analisados através do balanço sedimentar indicaram que os espigões naturais são feições geomorfológicas que atuam no barramento da corrente longitudinal, ocasionando depósito de sedimento a barlar e erosão a sotamar.

Feições costeiras como uma desembocadura fluvial (Rio Pimenta) podem sobrepujar o controle geológico na escala contemplada deste estudo.

A deriva litorânea é eficiente em modificar os perfis praias, sendo um fator primordial para o comportamento morfodinâmico das praias de entorno de espigões naturais.

O mapeamento de falésias indicou o comportamento de larga escala do controle geológico atuante através dos espigões naturais, da proximidade entre falésia e linha de costa e da orientação da linha de costa.

A proximidade das falésias da linha de costa atual indica a influência da topografia antecedente de duas formas diferentes. Quando a falésia está próxima da linha de costa atual, a topografia antecedente aflora na face praias ou antepraia caracterizando uma barreira de praia anexada (*mainland beach barrier*), como evidenciado na Praia da Ponta do Farol, Praia da Marcela e Praia do Caolho. Quando a falésia está distante, a topografia antecedente não aflora em superfície como na Praia do Mangue Seco, sendo provável sua

origem relacionada a uma barreira costeira relacionada com a formação de esporões arenosos ligados ao continente (*headlands spits*), e que tiveram seu espaço de acomodação em retrobarreira preenchido e ocupado pelo desenvolvimento de manguezais.

A Praia da Marcela apresenta uma ampla zona intermarés de mais de 250 m, não apresentando sedimentos aflorantes da topografia antecedente, no entanto a proximidade dos mesmos é marcante, como identificado pelas sondagens à percussão.

O presente estudo mostrou que a herança geológica da Ilha do Maranhão controla a configuração geomorfológica atual de seu litoral, e pode ser indicativa da ocorrência de áreas deposicionais e erosivas deste litoral.

## REFERÊNCIAS

BELKNAP, D.F. & KRAFT, J.C. Influence of antecedent geology on stratigraphic preservation potential and evolution of Delaware's barrier systems. **Marine Geology**, v. 63, p. 235– 262, 1985.

BIRKMEIER W A. Fast accurate two-person beach survey. **Coastal Engineering**, 1981.

CARTER, R. W. G; C. D. WOODROFFE Coastal evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics/ edition by, 1998.

CARTER, R. W. G; C. D. WOODROFFE **Coastal evolution**: Late Quaternary shoreline morphodynamics/ edition by, 1998.

COWELL, P.J., THOM, B.G., 1994. Morphodynamics of coastal evolution. In: Carter, R.W.G., Woodroffe, C.D. (Eds.), **Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics**. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 33–86

DEAN, R. G. (1973). Heuristic models of sand transport in the surf zone. In First Australian Conference on Coastal Engineering, 1973: **Engineering Dynamics of the Coastal Zone** (p. 215). Institution of Engineers, Australia.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. 2004. Tábua das Marés para o Porto de Suape (Estado de Pernambuco). Disponível em: <<http://www.dhn.mar.mil.br>>

EL-ROBRINI, M; MARQUES, M; SILVA, M. A. M. A da; EL-ROBRINI, M. H.S.; FEITOSA, A. C.; TAROUCO, J. E. F.; SANTOS, J. H. S. dos; VIANA, R. J. Maranhão. In Muehe, D. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministerio do Meio Ambiente, 2006. p. 87-130

FEAL-PÉREZ, A., BLANCO-CHAO, R., FERRO-VÁZQUEZ, C., MARTÍNEZ-CORTIZAS, A., COSTA-CASAS, M., 2014. Late-Holocene storm imprint in a coastal sedimentary sequence (Northwest Iberian coast). **The Holocene** 24 (4), 477–488.

- FEITOSA, A.C. Evolução Morfogenética do Litoral Norte da Ilha do Maranhão. Rio Claro, UNESP: 210p. **Dissertação de Mestrado**, 1989.
- FEITOSA, A.C.; CHRISTOFOLETTI, A.C.F.E.A. Caracterização geomorfológica das praias do litoral norte do município de São Luís Ma. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5., 1993. São Paulo.V Simpósio de Geografia Física Aplicada - **Anais**. São Paulo: USP, 1993. p. 231-236. v. 1
- FRANCO, B. J. 2018. Caracterização Morfodinâmica das Praias Oceânicas da Ilha do Maranhão. Trabalho de Conclusão de curso. São Luís: Departamento de Oceanografia e Limnologia. UFMA.
- GALLOP, S.L., BOSSERELLE, C., ELIOT, I., PATTIARATCHI, C.B., 2012. The influence of limestone reefs on storm erosion and recovery of a perched beach. **Cont. Shelf Res.** 47, 16–27.
- GALLOP, S.L., BOSSERELLE, C., ELIOT, I., PATTIARATCHI, C.B., 2013. The influence of coastal reefs on spatial variability in seasonal sand fluxes. *Mar. Geol.* 344, 132–143
- GALLOP, S.L., BOSSERELLE, C., HAIGH, I.D., WADEY, M.P., PATTIARATCHI, C.B., Eliot, I., 2015a. The impact of temperate reefs on 34 years of shoreline and vegetation line stability at Yanchep, southwestern Australia and implications for coastal setback. **Mar. Geol.** 369, 224–232
- GALLOP, S.L., BOSSERELLE, C., PATTIARATCHI, C., ELIOT, I., 2011b. Rock topography causes spatial variation in the wave, current and beach response to sea breeze activity. **Marine Geology** 290 (1–4), 29–40.
- GÓMEZ-PUJOL, L., ORFILA, A., CAÑELLAS, B., ALVAREZ-ELLACURIA, A., MÉNDEZ, F.J., MEDINA, R., TINTORÉ, J., 2007. Morphodynamic classification of sandy beaches in low energetic marine environment. **Mar. Geol.** 242 (4), 235–246
- GONZÁLEZ, M., MEDINA, R., LOSADA, M.A., 1999. Equilibrium beach profile model for perched beaches. **Coast. Eng.** 36 (4), 343–357
- HOEFEL, F. G. (1998). Morfodinâmica de Praias Arenosas Oceânicas: Uma Revisão Bibliográfica. Itajaí: Editora da UNIVALI. 91p.
- JACKSON, D.W.T., COOPER, J.A.G., 2009. Geological control on beach form: accommodation space and contemporary dynamics. **J. Coast. Res.** 69–72.
- JACKSON, D.W.T., COOPER, J.A.G., del Rio, L., 2005. Geological control of beach morphodynamic state. **Mar. Geol.** 216 (4), 297–314
- LIMA, L.G.; ALBUQUERQUE, S.S.; CERVEIRA, G.S; PARISE, C.K; FERREIRA, M.S; FRANCO, B.J. Estratigrafia e Evolução de um Esporão Arenoso em Ambiente Macromaré: Ponta da Areia-São Luís-Maranhão-Brasil. Revista Geociências UNESP Qualis B2. V.39 n.04 (2020). No prelo 2020.
- LOUREIRO, C., FERREIRA, Ó., COOPER, J.A.G., 2013. Applicability of parametric beach morphodynamic state classification on embayed beaches. **Mar. Geol.** 346, 153–164.

MALLMANN, D. L. B.; PEREIRA, P.; SANTOS, F.; FAÇANHA, P. Classificação morfodinâmica das praias arenosas de Ipojuca (Pernambuco, Brasil) através da análise semântica de imagens de satélite pancromáticas. *Pesquisas em Geociências*, Rio Grande do Sul, v. 41, n. 2, p. 169–189, maio/ago. 2014

Masselink, G., Short, A.D., 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and  
MAY, J. P., & TANNER, W. F. (1973). The littoral power gradient and shoreline changes.

MENEZES, J. T. Aspectos morfodinâmicos das praias do litoral centro-norte catarinense. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade do Vale do Itajaí. 192p. 1999. morphology: a conceptual beach model. **J. Coast. Res.** 9 (3), 785–800

MUEHE, D. (1996). **Geomorfologia costeira**. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos, 4, 253-308.

MUEHE, D. C. E. H. (2006). Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**, 1, 475.

MUEHE, D; KLUMB-OLIVEIRA, L. Deslocamento da linha de costa versus mobilidade praial. **Quaternary and Environmental Geosciences**, 2014, 5.2.

MUÑOZ-PÉREZ, J.J., TEJEDOR, L., MEDINA, R., 1999. Equilibrium beach profile model for reefprotected beaches. **J. Coast. Res.** 15 (4), 950–957

PEREIRA, D. M. et al. Avaliação Preliminar da Proveniência Sedimentar das Praias Oceânicas da Marcela, Ponta do Farol e Ponta D' Areia de São Luis/MA. CBO'2014 Associação Brasileira de Oceanografia - AOCEANO: Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI. 2014.

QUADROS, E.A. de S. Caracterização Do Clima De Ondas Na Plataforma Continental Do Maranhão E Região Oceânica Adjacente Por Meio De Modelagem Numérica. Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão- UFMA, Trabalho de Conclusão do Curso de Oceanografia, f. 48, 2016.

ROY P.S., COWELL P.J., FERLAND M.A. e THOM B.G. 1994. Wave Dominated Coasts. In: CARTER R.W.G. e WOODROFFE CD (Ed.), **Coastal Evolution, Late Quaternary Shoreline Morphodynamics**, Cambridge: Cambridge University Press, p. 121-186.

SANTOS, J. H. S. DOS. Análise por Geoprocessamento da Ocupação na Franja Costeira ao Norte da Cidade de São Luís - MA. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG. 1996. 149p. **Dissertação de Mestrado**.

SANTOS, J.H.S. DOS., 1989. Introdução ao Estudo Geomorfológico da Praia da Ponta D'areia – São Marcos. SÃO LUIS. UFMA: 64p. **Monografia de Graduação**.

SHORT, A.D., 2006. Australian beach systems — nature and distribution. **J. Coast. Res.** 22 (1), 11–27.

SHORT, A.D., 2010. Role of geological inheritance in Australian beach morphodynamics. **Coast. Eng.** 57 (2), 92–97

SHORT, A.D., JACKSON, D.W.T., 2013. Beach morphodynamics. In: Shroder, J.F. (Ed.), *Treatise on Geomorphology*. 10. **Academic Press, San Diego**, pp. 106–129

SIMÓ, D.H. & HORN FILHO, N. O. Caracterização e distribuição espacial das “ressacas” e áreas de risco na Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. **Revista Gravel**. Volume 02. P 93 – 103. Porto Alegre. 2004.

SOBRINHO, J. P. C. Estudo Morfodinâmico da Praia do Meio - São José de Ribamar-MA. UFMA, 1998. 50 p. **Monografia de Graduação** de Bacharel de Geografia.

SOUZA FILHO, P.W. M. (1995). A Planície Costeira Bragantina (NE do Pará): influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia Costeira durante o Holoceno. Belém: Universidade Federal do Pará. **Centro de Geociências**. Dissertação de Mestrado. 123p.

SOUZA, C. R. de G. (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão preto: holos, editora, 2005.

TAROUCO, J. E. F.; SANTOS, J. H. S. DOS. Morfodinâmica da Praia do Araçagi. Paço do Lumiar- MA. In: **FÓRUM LATINO AMERICANO DE GEOLOGIA FÍSICA APLICADA**, 1. Curitiba, Paraná. **Anais**. Curitiba, Paraná: [s.n.]. 1997. p. 474-478. Volume I.

TRENHAILE, A., 2016. Rocky coasts — their role as depositional environments. **Earth Sci. Rev.** 159, 1–13

TRENHAILE, A.S., 2018. Modelling the effect of rising sea level on beaches with resistant foundations. **Mar. Geol.** 395, 1–13

VASCONCELOS, T. R. Aspectos geomorfológicos e sedimentológicos do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, MA/Brasil. São Luís: UFMA. 2017. 64 p. **Relatório Final de Iniciação científica**.

VIANA, J. R. Estudo da Morfodinâmica da Praia de São Marcos São Luís - Maranhão. São Luís: UFMA, 2000. 91 p. **Monografia de graduação** do Curso de Geografia.

WOODROFFE, C.D. Coasts: Form, Process and Evolution. Cambridge **University Press**. 623 p. 2002.

WRIGHT, L.D., SHORT, A.D., 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Mar. Geol.** 56 (1), 93–118

WRIGHT, L.D.; NIELSEN, P.; SHORT, A.D. e GREEN, M.O. Morphodynamics of a macrotidal beach. **Marine Geology**. 1982. 50, 97-128.

# ANEXOS

## REVISTA GEOCIÊNCIAS UNESP

### NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS

GEOCIÊNCIAS é uma revista trimestral *on-line*, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus de Rio Claro, que divulga trabalhos sobre temas de Geologia e Geografia Física, básicos e de aplicação, de autores da Unesp e de outras instituições, do país e do exterior, de interesse para a comunidade geocientífica, e a coletividade em geral. A partir do ano de 2009, a revista passou a ser editada apenas no formato eletrônico, com o ISSN 1980-900X, seguindo a tendência das revistas internacionais.

#### 1. TIPO DE TRABALHO PUBLICADO

A revista publica Artigos com dados e resultados originais e inéditos de pesquisas científicas e técnicas, redigidos em português, inglês ou espanhol.

#### 2. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

a) O trabalho deve ter:

- 1) Título, coerente com o conteúdo.
- 2) Nomes do(s) autor(es), completos e por extenso, **encaminhados em separado do texto do artigo**.
- 3) Instituição(ões)/empresa(s) a que se vincula(m), com endereço(s): logradouro, CEP, cidade, estado, endereço eletrônico, completos e sem abreviaturas ou siglas.
- 4) Sumário dos itens e subitens, mostrando a hierarquia deles.
- 5) Resumo de até 200 palavras, em parágrafo único, sem incluir citações bibliográficas, seguido de até cinco palavras-chave que reflitam a natureza e conteúdo do trabalho e escritos na língua utilizada no artigo.
- 6) Título, resumo e palavras-chave vertidos para outra língua dentre as indicadas acima.

b) A estrutura do artigo deve ter, ressalvada a natureza do trabalho que exija explanação diferente e mais adequada à boa exposição das informações:

- 1) Introdução, contextualizando o trabalho e definindo o objetivo do artigo.
- 2) Materiais, métodos e técnicas.
- 3) Apresentação de dados.
- 4) Discussões, interpretações e resultados.
- 5) Conclusões ou considerações finais.
- 6) Agradecimentos.
- 7) Lista das referências bibliográficas citadas.

c) A hierarquia de itens e subitens deve ser feita em até 5 níveis:

- 1) Nível 1: negrito, em maiúsculas, centrado. Ex.: **INTRODUÇÃO**.
- 2) Nível 2: negrito, caixa alta, alinhado à esquerda. Ex.: **LITOLOGIA**.
- 3) Nível 3: negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: **Aspectos do Relevo**.
- 4) Nível 4: itálico, negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: ***Xistos do Grupo São Roque***.
- 5) Nível 5: itálico, não-negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: *Características Texturais dos Sedimentos*.

#### 3. SUBMISSÃO DO ARTIGO

a) O texto deve ser elaborado em tamanho A4, margens de 2 cm, espaço duplo, recuos (parágrafos) de 0,5 cm, fonte Times New Roman de 12 pontos, sem formatação, sem hifenização, utilizando o editor de textos Microsoft Word. Extensão: até 30 páginas, incluindo texto, ilustrações e referências bibliográficas. Não são aceitos textos escaneados.

- 1) Unidades e símbolos de medidas devem seguir o sistema de padronização internacional (exs.: M para milhão, G para bilhão, m, cm, km, kb, MPa etc.). Símbolos não-usuais e

abreviaturas, quando utilizados, devem ter os significados explicitados quando da primeira citação no texto.

- 2) Equações e fórmulas devem ser inseridas no texto em formato **JPG**. Todos os símbolos e abreviaturas utilizados devem ter seus significados explicitados. Se forem citadas no texto podem ser numeradas com algarismos arábicos sucessivos, colocados à direita.
- 3) Palavras estrangeiras e citações, se usadas, devem aparecer em itálico.
- 4) Notas de rodapé não são aceitas (inclusive para indicação dos nomes de instituições ou empresas). Eventuais notas complementares podem ser inseridas no fim do texto, referidas como APÊNDICES, limitados à exposição de detalhes imprescindíveis à compreensão do texto (p. ex., minúcias de ensaios, deduções de equações).
- 5) A redação deve ser impessoal (terceira pessoa).

#### 4. ILUSTRAÇÕES

a) As ilustrações e suas legendas devem ser apresentadas em separado do texto, com as respectivas legendas.

b) São ilustrações:

- 1) TABELAS (sem molduras verticais das células) e QUADROS (com molduras horizontais e verticais das células) elaboradas no Winword ou Excel, dispostas em formato Retrato.
- 2) FIGURAS, que são mapas, perfis, diagramas e assemelhados, em preto & branco, tons de cinza ou coloridas, numeradas sequencialmente com algarismos arábicos, na ordem de inserção no texto. As figuras devem ser apresentadas em formato **tif**. No texto devem ser apontados os locais de inserção em uma linha logo após o parágrafo em que é feita a primeira citação.
- 3) FOTOS, FOTOMICROGRAFIAS, IMAGENS e assemelhados, e PRANCHAS, que são quadros de tais documentos. Devem se apresentadas em tons de cinza, em formato **jpg**, com resolução mínima de 300 dpi. Não são aceitas cópias xerográficas. Inserir escala gráfica, se necessário. Indicações devem ter tamanhos ou espessuras que comportem redução e visibilidade no tamanho de largura máxima entre 8 a 17 cm (largura útil da página impressa).

c) **Ilustrações coloridas podem ser utilizadas.**

#### 5. CITAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

a) Citações no texto:

- 1) de um autor – ex.: Adams (1989), (Adams, 1996);
- 2) de dois autores – exs.: Cox & Singer (1986), (Cox & Singer, 1986);
- 3) de trabalhos de mais de 2 autores – exs.: Lopes et al. (1992), (Lopes et al., 1992);
- 4) de mais de um trabalho do mesmo autor e do mesmo ano ou de anos distintos – exs.: Johnson (1995a, b, c); Roberts (1996, 1997); (Johnson, 1995a, b; Roberts, 1996a, b, 1997);
- 5) Para citações indiretas, usar **segundo** em vez de **apud** – ex.: Lucas (1975, segundo Silva, 1993).
- 6) Evitar o uso de **op. cit.** – ex.: Martins (1998) em vez de Martins (op. cit.).

b) Lista de REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1) Seguir a ordem alfabética dos nomes dos autores e numerar consecutivamente. Se houver mais de um trabalho do(s) mesmo(s) autor(es) num ano, indicar no final (a), (b), (c)...
- 2) Entrada de um autor – ex.: SILVA, A.L. DA.
- 3) Entrada de dois autores – ex.: SILVA, J.L. & RUIZ, A. DA S.
- 4) Entrada de de três ou mais autores – citar todos. Ex.: LIMA, E.S.; MARQUES, J.S.; CAMPOS, A.
- 5) Exemplos de citação de publicações:  
**Livros, monografias, relatórios**  
 COSTA, M.C. da & ANGÉLICA, R.S. (Coordenadores). **Contribuições à Geologia da Amazônia**. Belém: Financiadora de Estudos e Projetos e Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Norte, 446 p., 1997.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Jacupiranga-Guará - geologia, levantamento geoquímico, processamento aerogeofísico e metalogenia das folhas SG22-X-8-VI-2 (Jacupiranga) e SG22-X-B-VI-4 (Rio Guará), Estado de São Paulo, Escala 1 :50.000.** São Paulo: Convênio Secretaria de Estado de Energia / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, 245 p., 1999.

#### **Capítulos de livros**

ROOSEVELT, A.C. The influence of geology on soils, biota and the human occupation of Amazonia. In: COSTA, M.C. da & ANGÉLICA, R.S. (Coordenadores), **Contribuições à Geologia da Amazônia.** Belém: Financiadora de Estudos e Projetos e Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Norte, p. 1-14, 1997.

#### **Dissertações e Teses**

SANTOS, M. DOS. **Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica.** Rio Claro, 1999. 134 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

#### **Artigos de periódicos**

FERREIRA, M.C. Análise espacial da densidade de drenagem em Sistema de Informação Geográfica através de um modelo digital de distâncias interfluviais. **Geociências**, v. 18, n. 1, p. 7-22, 1999.

#### **Resumos (estendidos ou não) publicados em eventos técnico-científicos**

ROY, P. Estuaries and coastal valley-fills in Southeast Australia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 6, 1997, Curitiba. **Resumos Expandidos...** São Paulo: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 1997, p. 12-13.

#### c) Outros

- 1) Programas de computação (*softwares*) citados no texto devem ser referenciados como trabalhos, com dados de autoria, versão, local, data.
- 2) Documentos consultados na Internet: citar a URL e data de acesso. Ex.: C.M.L. da Cunha & I.A. Mendes. **Proposta de análise integrada dos elementos físicos da paisagem: uma abordagem geomorfológica.** Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista/Sumario0301.htm>. Acessado em: 25jan2006.
- 3) Trabalhos aceitos para publicação ou no prelo: citar, com indicação da situação.
- 4) Comunicações pessoais e trabalhos em preparação ou submetidos para publicação não devem ser citados na listagem bibliográfica, mas apenas no texto.
- 5) Não devem ser citados documentos (relatórios e outros) confidenciais ou inacessíveis aos leitores.

### **6. ANÁLISE DOS TRABALHOS E PROCEDIMENTOS DA EDITORIA**

- 1) O autor ou primeiro autor será comunicado da recepção do trabalho, dos resultados das avaliações pelos Consultores e aceitação para publicação.
- 2) Os trabalhos receberão avaliação crítica do mérito por um ou dois membros do Conselho Editorial e/ou Corpo Consultivo tendo em vista a publicação na revista. O prazo para avaliação é de 30 dias.
- 3) Trabalhos não recomendados serão devolvidos. Aqueles cuja aceitação dependa de modificações ou ajustes serão devolvidos ao(s) autor( es) para adequação.
- 4) Revisões de aspectos formais dos trabalhos, antes da impressão final, serão efetuadas pelo Conselho Editorial.
- 5) Os dados, informações e conceitos emitidos nos trabalhos são de inteira responsabilidade dos autores. O autor ou primeiro autor do trabalho responde pela autorização de sua publicação e cessão de direitos autorais à revista.

### **7. ENCAMINHAMENTO**

Os trabalhos devem ser enviados exclusivamente por meio eletrônico pelo sistema SEER através do endereço:

<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias>

