



## **CARACTERIZAÇÃO DOS CORDÕES ARENOSOS E SUA COMPOSIÇÃO NA GEOMORFOLOGIA DA PRAIA DE PANAQUATIRA-MA**

Matheus Cutrim Silva <sup>1</sup>  
Vitória Evangelina Ribeiro Gaioso <sup>2</sup>  
Erionaldson Silva Garros <sup>3</sup>  
Ediléa Dutra Pereira <sup>4</sup>

### **RESUMO**

A Praia de Panaquatira, em São José de Ribamar (2°30'6.56"S; 44°1'40.32"W), situa-se no litoral leste da Ilha do Maranhão, é arenosa, semi-abrigada e ultradissipativa, banhada pela Baía de São José e pelo Atlântico, com ventos predominantes de NE. Sua origem está ligada ao desenvolvimento de um esporão arenoso ancorado às falésias do Grupo Itapecuru, próximo às desembocaduras dos rios Santo Antônio e Paciência. Entre seus compartimentos destacam-se os cordões arenosos, depósitos costeiros formados por ondas e correntes, que além de função geomorfológica têm relevância ecológica. Esses cordões foram mapeados via VANT e processados no Agisoft Metashape, permitindo posicionamento preciso para coletas de sedimentos. Em laboratório, no granulometro a laser, e os resultados tratados no SYSGRAN 3.0 segundo Folk & Ward (1957). A praia apresenta granulometria dominante de areia muito fina (Pereira, 2018), coerente com a ação combinada de ventos, ondas, descargas fluviais e correntes de maré (Bird, 1996), cuja atuação é especialmente evidente na zona de falésias (Leite, 2022). Os dados granulométricos confirmam o papel desses agentes na modelagem e na evolução morfológica da praia, permitindo compreender sua dinâmica e o estabelecimento de suas características geomorfológicas ao longo do tempo geológico.

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, [cutrimsilvam@gmail.com](mailto:cutrimsilvam@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, [Vickribeiro640@gmail.com](mailto:Vickribeiro640@gmail.com);

<sup>3</sup> Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, [erionaldson.garros@discente.ufma.br](mailto:erionaldson.garros@discente.ufma.br);

<sup>4</sup> Doutora em Geociências pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, [edileia.dp@ufma.br](mailto:edileia.dp@ufma.br);



## INTRODUÇÃO

A evolução costeira é uma resultante espaço-temporal da interação de componentes topográficos e hidrodinâmicos envolvendo transporte sedimentar, os quais promovem ajustes mútuos (Wright e Thom, 1977). Há diversas definições para o termo “praia”. Segundo King (1973) & SILVA (2000), praia é um ambiente sedimentar costeiro, de composição variada, formado mais comumente por areia e condicionado pela interação dos sistemas de ondas incidentes sobre a costa.

As praias são consideradas um dos ambientes mais dinâmicos existentes, em função do elevado retrabalhamento de seus sedimentos (Brown & McLachlan, 1990). Segundo Wright et al. (1982), a morfologia das praias depende das características dos sedimentos e das condições hidrodinâmicas imediatas (atuais e instantâneas) e antecedentes.

A morfologia das praias segue amplamente conjunta, com as forcantes naturais presentes no ambiente compondo a manutenção e modificação dos sistemas de praias, estão: a interação entre os fenômenos oceanográficos como o regime de ondas e as marés, a ação eólica, a tectônica local, o suprimento sedimentar e a geologia antecedente (DAVIS & HAYES 1984; WRIGHT & SHORT, 1984).

Praias arenosas são ambientes deposicionais costeiros formados por sedimentos arenosos inconsolidados de origem fluviomarinha, sujeitos a um intenso retrabalhamento na linha costa. Possuem seus limites vinculados ao continente por falésias ou dunas, e na fronteira marinha limita-se à zona de interação entre as ondas e o sedimento de fundo, denominada de profundidade de base da onda (PARK et al, 1999).

As praias arenosas são classificadas quanto ao ambiente de deposição do sedimento em: oceânicas, estuarinas ou fluviais. O ambiente deposicional de cada praia vai influenciar significativamente no tipo de sedimento transportado e depositado, como resposta aos processos hidrodinâmicos atuantes neste ambiente, como a ação das ondas, maré e correntes. O transporte eólico também possui notória importância para a formação e evolução deste sistema, atuando diretamente na formação de dunas frontais e campos de dunas na região do pós-praia (FRANCO, 2018).



Como descrito por, Lima et al. (2020), as praias oceânicas da Ilha do Maranhão integram sistemas de barreiras arenosas costeiras que podem ser divididas em dois morfotipos principais: barreiras de praias anexadas (mainland beach barrier), que se caracterizam por ter uma topografia antecedente (falésias da Formação Itapecuru, Albiano da Bacia do Parnaíba) de gradiente íngreme, onde ocorre a perda contínua de areia na costa erodida (e.g. 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 (Branner, 1902; Campbell, 1949; Bigarella, 1975). Este último morfotipo desenvolve-se onde existe brusca variação de orientação da linha de costa, geralmente onde a topografia antecedente é mais resistente a erosão marinha. Ali ancora-se uma barreira arenosa do tipo esporão, suprida de um amplo transporte de sedimentos via deriva litorânea, interrompido somente pelo efeito espigão hidráulico, em virtude de elevados prismas de maré nas desembocaduras fluviais.

Dentre as praias oceânicas da Ilha do Maranhão, a praia de Panaquatira, evidencia um cenário mais complexo quando comparado as demais praias. Esta praia encontra-se no limite entre praia arenosa e terraço de maré, e de fato, a exposição da face praial que em condições de maré baixa expõe 1 km de zona intermaré (Lima&Pereira, 2024). Franco (2018) classificou morfodinâmica desta praia como ultradiSSIPATIVA.

As feições da praia de Panaquatira, estão presentes por uma diversidade de agentes que podem influenciar significativamente na sua composição sedimentar. As falésias e dunas influenciaram no padrão sedimentar das praias muito provavelmente por serem fontes distintas de sedimento, assim como os processos de erosão acresção praia que são diferentes ao longo da costa e do tempo (Baiyegunhi, et al. 2020; Carvalho & Woodroffe, 2020; Warrick et al. ,2022; IJzendoorn, et al. 2023).

Segundo Leite (2022), na orla da praia e sobre a falésia foram construídas residências de temporada que atualmente encontram-se expostas à ação das ondas, suscetíveis aos eventos erosivos atuantes na barreira costeira, pois estão localizadas exatamente onde em tempos pretéritos provavelmente existiam dunas frontais, a exemplo da parte terminal da barreira. A destruição destas dunas traz uma série de problemáticas relacionadas à erosão, pois elas estabelecem um importante papel para o



equilíbrio sedimentar de uma praia, atuando diretamente no estoque sedimentar. Quando ocorrem eventos de alta energia e a consequente erosão da praia, são estas dunas que fornecem os sedimentos para manter o equilíbrio sedimentar nestes ambientes e mitigar os efeitos da erosão na linha de costa.

Compreendendo as questões antes colocadas, as perturbações ocorrentes de forma natural ou antrópica, gera consequências já anteriormente estudados. Como descritas por, Pickett e White (1985) também citado por Creed (2006), a perturbação é qualquer evento relativamente discreto que interrompe a dinâmica ecossistêmica da natureza, da comunidade ou população e provoca alterações nos recursos, na disponibilidade de substrato ou no meio físico. Destaca-se Creed (2006), que distintos tipos de perturbações ocorrem em diferentes ambientes, com frequências e escalas que podem modificar a depender do ecossistema considerado.

Como destacado por, Leite (2022) Panaquatira também possui uma importância ecológica e ambiental muito elevada, sendo um dos dois únicos sítios de aves migratórias do território do Estado do Maranhão (GUEI, 2005). Tendo em vista, a importância das formas de vegetação dominantes da região, compostas por áreas de mangue e principalmente de restinga, para a proteção dos campos de dunas e feições do sistema de praia.

A partir dos estudos aqui realizados, visa-se compreender e desvendar, as diferentes feições morfológicas da praia de Panaquatira, observando perturbações naturais ou antrópicas e as mudanças geradas na composição e estrutura desse ambiente.

## **METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)**

As análises granulométricas em laboratório sucederam às etapas de campo e tiveram como objetivo conhecer a relação entre dimensão das partículas de sedimento em cada local coletado e dentro desses diferentes ambientes de deposição que se encontram na região, trazendo consigo as informações quanto sua origem e transporte, possibilitando o entendimento quanto as características sedimentares e hidrodinâmicas da Praia de Panaquatira.

Na etapa de caracterização granulométrica, foram realizadas análises de distribuição de tamanho de partículas utilizando o equipamento Partica mini LA-350, da marca HORIBA Scientific, conforme apresentado na (Figura 1). Este equipamento opera com base na técnica de espalhamento de laser (laser diffraction), permitindo a medição precisa de partículas em suspensão em faixas que variam de 0,1 a 1000  $\mu\text{m}$ . As amostras foram previamente preparadas e homogeneizadas, sendo posteriormente analisadas em meio líquido, utilizando o sistema de dispersão integrado do próprio equipamento. O LA-350 fornece resultados detalhados com alta repetibilidade, sendo adequado para materiais finos e com ampla distribuição de tamanho.



Figura 1. Equipamento Partica mini LA-350, da marca HORIBA Scientific.

Os dados obtidos por meio das análises no equipamento Partica mini LA-350 foram posteriormente processados no software SYSGRAN 3.0, desenvolvido especificamente para tratamento estatístico de dados granulométricos. Este programa permite a conversão dos dados brutos em parâmetros descritivos como diâmetro médio, coeficiente de uniformidade, desvio padrão, assimetria (skewness) e curtose (kurtosis), além da geração de gráficos e tabelas que facilitam a interpretação dos resultados. A utilização do SYSGRAN 3.0 possibilitou uma análise mais detalhada e comparativa entre as amostras, assegurando maior precisão na interpretação dos padrões de distribuição de partículas presentes nos sedimentos analisados.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise granulométrica dos sedimentos evidenciou diferenças marcantes entre os três ambientes amostrados: setores da praia propriamente dita (PA), cristas de cordões arenosos (C) e cavas entre cordões (CA). Essas distinções refletem não apenas as condições de deposição e retrabalhamento sedimentar, mas também ajudam a compreender as dinâmicas evolutivas que atuam na morfologia costeira local.

Os gráficos de frequência (Figura 2 e 3) acumulada revelam que as amostras dos pontos PA1 e PA2 (zona de praia ativa) apresentam curvas bastante concentradas, com transição rápida entre 2 e 2,5  $\phi$ , indicando sedimentos com granulometria uniforme e dominância de areia fina. Esse padrão é típico de áreas com intensa atuação de ondas e marés, que constantemente selecionam os grãos e mantêm o depósito bem classificado.

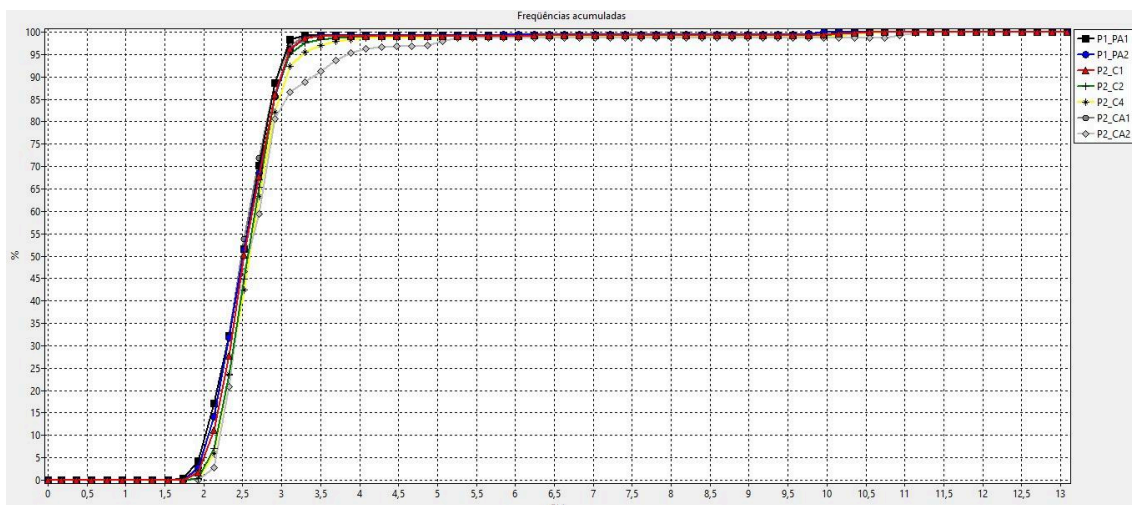


Figura 2. Gráfico de Frequência.

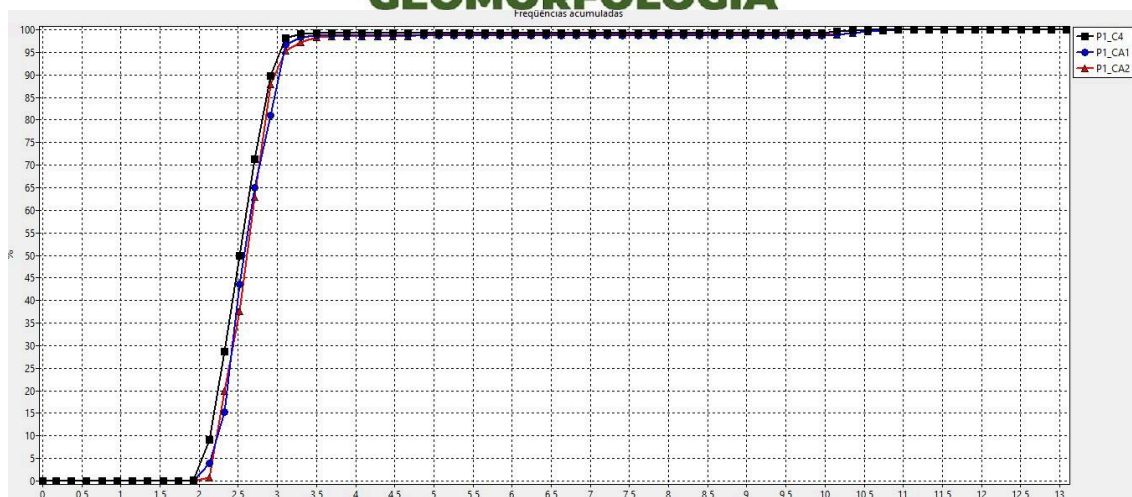


Figura 3. Gráfico de Frequência.

Nas cristas dos cordões arenosos (pontos C1, C2 e C4), as curvas também apresentam uma ascendência rápida, mas com ligeiro deslocamento para diâmetros menores, sugerindo uma granulometria um pouco mais grossa e ainda melhor selecionada. Isso reforça a ideia de que as cristas funcionam como áreas de maior energia, onde apenas os grãos mais pesados e de maior diâmetro permanecem depositados. A presença recorrente dessas cristas ao longo da praia indica pulsos de sedimentação sob forte influência das marés de sizígia e de eventos de alta energia, como frentes meteorológicas ou ressacas.

Já nos pontos localizados nas cavas entre os cordões arenosos (CA1, CA2), as curvas de frequência acumulada demonstram um comportamento mais disperso e inclinado, com presença de frações finas, como silte e, em menor proporção, argila. Isso sugere menor energia hidrodinâmica e eólica nesses setores, favorecendo a deposição de partículas mais leves e mal selecionadas. A granulometria mais heterogênea nas cavas é compatível com ambientes de acumulação secundária, onde a energia não é suficiente para remover os sedimentos finos, permitindo seu acúmulo.

A classificação textural via diagrama de Shepard confirma essa leitura, situando as amostras de crista (C) e praia (PA) na zona de “areia” (classe 10), enquanto algumas amostras de cava (CA) migram em direção à classe “areia siltosa” (classe 6), caracterizando um ambiente texturalmente mais complexo e instável.

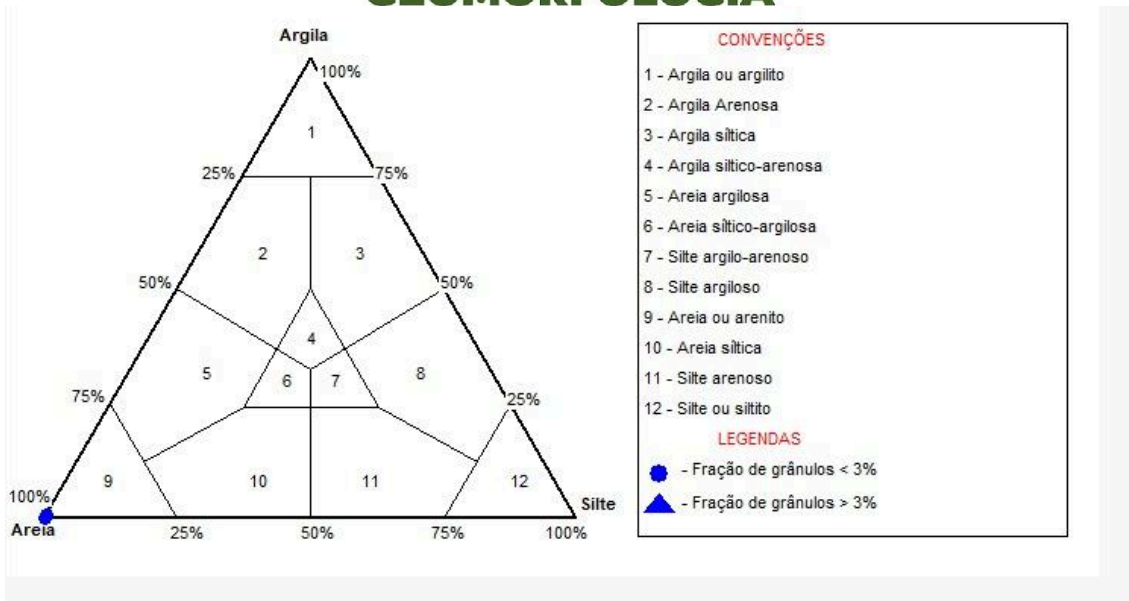


Figura 4. Diagrama de Shepard.

Essas variações granulométricas entre os setores têm implicações diretas na geomorfologia da praia de Panaquatira. As cristas mais grossas e bem classificadas indicam zonas de avanço e formação ativa dos cordões arenosos, enquanto as cavas mais finas e mal selecionadas apontam para áreas de sedimentação passiva. Ao longo dos anos, esse contraste contribui para a migração e transformação dos cordões, que podem avançar em direção ao continente ou recuar, conforme o balanço sedimentar e as forças atuantes.

Além disso, a alternância entre deposição de cristas e escavação de cavas configura um sistema dinâmico de retroalimentação, no qual a granulometria influencia a morfologia, e vice-versa. A predominância de areia fina na zona de praia, em conjunto com a presença de cordões bem definidos, confirma um ambiente de alta mobilidade sedimentar, onde pequenas variações na energia costeira podem provocar mudanças significativas no relevo e na posição dos cordões arenosos ao longo do tempo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, os resultados obtidos não apenas evidenciam as diferenças sedimentológicas entre os setores da praia, como também reforçam a importância da





análise granulométrica para entender os processos de evolução costeira e a estabilidade dos cordões arenosos em ambientes tropicais sujeitos à intensa dinâmica hidrodinâmica e eólica.

**Palavras-chave:** Cordões Arenosos, Praia de Panaquatira, Sedimentologia.

## REFERÊNCIAS

Lima, L. G., Pereira, D. M., Parise, C. K., Franco, B. J. Caracterização Sedimentar das Praias Arenosas da Ilha do Maranhão. 2024. Revista Brasileira de Geografia Física v.17, n.03 (2024) 1672-1696.

Roy, P. S., Cowell, P. J., Ferland, M. A., & Thom, B. G. (1994). Wave Dominated Coasts. In: Coastal Evolution, Shoreline Late Morphodynamics. Quaternary Cambridge: Cambridge University Press, 121-186.

Reis, B. L. R. (2021). Regime e Variabilidade de Ondas Superficiais de Gravidade na região do Oceano Atlântico Equatorial Ocidental adjacente ao Litoral Maranhense. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís–MA.

KING, C. A. M. Beaches and Coasts.

Lima, L. G., Albuquerque, S., Cerveira, G., Parise, C. K., Ferreira, M. S., & Franco, B. J. (2020). Estratigrafia e Evolução de Um Esporão Arenoso em Ambiente de Macromaré: Ponta da Areia – São Luís – Maranhão – Brasil. Geociências (São Paulo. Online), 39, 997-1008.

GEI, Grupo Executivo Interministerial para a implantação do Plano Brasileiro para a Prevenção de uma Pandemia de Influenza. Plano de Prevenção à Influenza Aviária em Aves Silvestres e de subsistência. MAPA, 2005.

SILVA, G. M.. Estudo do Padrão de distribuição dos sedimentos das Praias arenosas do Litoral Centro-Norte de Santa Catarina. 2000.102f. Trabalho de Conclusão de Curso em Oceanografia – CTTMAR, Universidade do Vale do ItajaíUNIVALI, Itajaí, 2000.

PARK, D., WRIGHT, J.; COLLING, A. (Edits). Waves, Tides and Shallow-Water Processes. Open University Oceanography Course Team; Butterworth-Heinemann; 2nd edition, 227 p. 1999.

FRANCO, B.J.. Caracterização morfodinâmica das praias oceânicas da Ilha do Maranhão. Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Trabalho de Conclusão de Curso. 58p. 2018.



WRIGHT, L.D & SHORT, A.D. Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beachs: a synthesis. Mar. Geol., 56(1-4):93-118. 1984.

Brown, A. C., & McLachlan, A. (1990). Ecology of sandy shores. Amsterdam: Elsevier.

DAVIS Jr., R.A. & HAYES, M.O., What is a wave dominated coast? Marine Geology, 60, 313-329. 1984.

Branner, J. C. (1902). Geology along the Pernambuco coast south of Recife. Boletim de Geologia da Sociedade Americana, 13, 58–92.

Campbell, D. F. (1949). Revised report on the reconnaissance geology of the Maranhão basin. Belém: PETROBRÁS.

Bigarella, J. J. (1975). The Barreiras Group in northeastern Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências: suplemento, 47, 365-393.

Baiyegunhi, T. L., Liu, K., Gwavava, O., & Baiyegunhi, C. (2020). Textural characteristics, mode of transportation and depositional environment of the Cretaceous sandstone in the Bredasdorp Basin, off the south coast of South Africa: Evidence from grain size analysis. Open Geosciences, 12(1), 1512–1532.

Carvalho, R. C., & Woodroffe, C. D. (2020). Surficial sediment data from the Shoalhaven River delta: Bed channel and adjacent beach. Data in Brief, 31, 1058131.

Ijzendoorn, C. O., Hallin, C., Reniers, A. J. H. M., & De Vries, S. (2023). Modeling multi-fraction coastal aeolian sediment transport with horizontal and vertical grain-size variability. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 128, e2023JF007155.

Warrick, J. A., Vos, K., EAST, A. E., et al. (2022). Fire (plus) flood (equals) beach: coastal response to an exceptional river sediment discharge event. Scientific Reports, 12, 3848. DOI: 10.1038/s41598-022-07209-0.

Wright, L. D., Nielsen, P., Short, A. D., & Green, M. O. (1982). Morphodynamics of a Macrotidal Beach. Marine Geology, 50, 97-128.

CREED, J. C.. Perturbações em comunidades biológicas. In: ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. V.; ALVES, M. A. S.. Biologia da conservação: essências. São Carlos: Rima, 2006. P.183-209.

LEITE, J.S.S.. ORIGEM E EVOLUÇÃO DO ESPORÃO ARENOSO DA PRAIA DE PANAQUATIRA, SÃO JOSÉ DE RIBAMAR– MARANHÃO. (2022).