

ANÁLISE DO SISTEMA COSTEIRO E OCEANICO NO REGISTRO GEOLÓGICO SEDIMENTAR DO COMPLEXO ESTUARINO DE TUTÓIA, NO DELTA DO PARNAÍBA, ESTADO DO MARANHÃO

Jardel Stenio de Araujo Barbosa¹

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo caracterizar de forma preliminar os agentes da dinâmica oceânica e estuarina tendo como exemplo a dinâmica da Baía de Tutóia, Maranhão, sob os aspectos da Ciências Ambientais e Ciências da Terra através de uma revisão bibliográfica. Além disso, este estudo visa contribuir também com o levantamento de dados geoambientais sobre a região para auxiliar pesquisas futuras em diversas temáticas. Como metodologia, além da revisão bibliográfica especializada em Ciências Ambientais e Ciências da Terra, a pesquisa contou com o apoio de dados ambientais fornecidos pelo IBGE e CPRM, análises cartográficas e geoprocessamento via Google Earth e QGIS. A partir do levantamento e análise destes elementos, a pesquisa conseguiu elucidar a importância de se estudar os agentes das dinâmicas oceânicas e estuarinas demonstrando que os impactos dos agentes oceânicos e estuarinos impactam e alteram a paisagem de forma mais lenta e os impactos antrópicos alteram a paisagem de forma mais acelerada. O resultado desse processo de integração e análise de dados é a elaboração de um mapa detalhado que ilustra a dinâmica costeira e oceânica na região de Tutóia.

844

Palavras-chave: Ciências Ambientais. Ciências da Terra. Dinâmica Oceânica. Dinâmica Estuarina 4. Geologia Sedimentar.

INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como objetivo caracterizar de forma preliminar os agentes da dinâmica oceânica e estuarina tendo como exemplo a dinâmica da Baía de Tutóia, Maranhão, sob os aspectos das Ciências Ambientais e da Ciências da Terra através de uma revisão bibliográfica. ²A baía de Tutóia está localizada na zona Leste do Maranhão, podendo

¹ Doutorando em Patrimônio, Tecnologia e Território (Especialidade em Arqueologia Marítima e Naval) - Universidade Autónoma de Lisboa (UAL/PT). Mestre em Ciência e Tecnologia Marinha com ênfase em Oceanografia - Universidade Europeia do Atlântico (Cantábria, Espanha). Bacharel em Arqueologia e Especialista em Arqueologia Náutica e Subaquática (IPT/PT). Pós-Graduado em Análise de Ambientes Aquáticos e Continentais (UNIARA). Coordenador do Centro de Estudos em Arqueologia Oceanográfica e Subaquática (CEAOS) - Arqueologista. Membro do Museu Marítimo EXEA e do Centro de Geociências da Universidade de Coimbra.

² O presente estudo está embasado nas pesquisas para a dissertação do autor defendida no ano de 2023 na Universidad Europea del Atlântico, Cantábria, Espanha.

ser classificada como uma zona estuarina, que está sob influência oceânica. Neste contexto, procura-se investigar a área alvo de estudo através de elementos da Geografia Física e Ciências da Terra, tendo como base os princípios da Geologia, Geomorfologia Costeira, e Sedimentologia do período do Quaternário, este último responsável pela maioria dos processos formativos das feições costeiras no Brasil (MUEHE, 2006).

Para isso se concretizar será necessário utilizar-se também da interdisciplinaridade com a Oceanografia Física e as Ciências Atmosféricas (Meteorologia e Climatologia). Parte-se do princípio de que o uso dos conceitos dessas ciências é conciliatório e primordial para se compreender um sistema estuarino e que este, por sua vez, é muito dinâmico, explorando mais a fundo, poderíamos tratar também de assuntos de interesses Biológicos, Econômicos, Sociais, Antropológicos, Arqueológicos e Históricos.

Estima-se que grande parte dos centros econômicos e populacionais estão situados em zonas costeiras, contendo intensa movimentação de pessoas e de cargas que usam a zona portuária para o escoamento da produção. Além disso, os estuários são importantes feições que servem de porta de entrada para os continentes. Portanto, a partir dessa problemática, os ambientes costeiros, assim como os estuarinos, se configuram em regiões influenciadas diretamente tanto pelos impactos das ações humanas quanto pelas transformações associadas a fenômenos naturais, como fatores climáticos e variações do nível do mar (MUEHE, 2006).

Por esses motivos é de extrema importância que as pesquisas em Geografia Física busquem levantar e discutir o comportamento da dinâmica existente no litoral brasileiro, para que assim, ofereçam mais subsídios a fim de gerar modelos de prevenção aos impactos que ocorrem nesse ambiente específico, tanto através da ação humana quanto a partir de causas naturais. Além disso, este estudo visa contribuir também com o levantamento de dados geoambientais sobre a região para auxiliar pesquisas futuras em diversas temáticas.

Como metodologia, a presente pesquisa irá se desenvolver através de uma revisão bibliográfica especializada em Geografia Física e Ciências da Terra, com o apoio do tratamento de dados ambientais fornecidos pelo IBGE e CPRM. Além destes dados, serão utilizadas análises cartográficas e geoprocessamento de dados via Google Earth. A partir do levantamento e análise de dados de todos esses elementos, a pesquisa conseguirá elucidar a

importância de se estudar os agentes das dinâmicas oceânicas e estuarinas demonstrando como exemplo dessa dinâmica a baía de Tutóia no Maranhão.

ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS, ESTUARINOS E GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICOS QUE OCORREM NA QUE OCORREM EM ZONAS COSTEIRAS

Aqui faz-se uma aproximação de conceitos e discussão dos processos oceanográficos, estuarinos e geológico-geomorfológicos que ocorrem na que ocorrem em zonas costeiras. Um dos conceitos mais adotados e que iremos utilizar também neste trabalho, é a clássica definição de “estuário” estabelecida por Pritchard (1963). Segundo ele,

Estuário é um corpo de água costeiro semifechado, com uma livre ligação com oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental (PRITCHARD, 1963).

Além disso, Pritchard mostra que a circulação estuarina depende de sua dimensão e forma, da intensidade de água doce, das oscilações de maré, da salinidade, da circulação da região oceânica adjacente e do vento que atua direta ou indiretamente sobre a sua superfície do estuário (PRITCHARD, 1963).

Nesse mesmo viés, Bird (2008) afirma que as planícies costeiras recebem seus sedimentos de fontes diversas, seja por fluxos marinhos ou fluviais, dando origem a diversas ilhas formadas a partir do período holocênico e pleistocênico, sendo possível determinar a origem desses sedimentos a partir da análise das suas características mineralógicas e os padrões de fluxo dos sedimentos trazidos por ondas e correntes. Assim, neste caso, os principais fatores oceanográficos e Meteorológicos que contribuem para a dinâmica estuarina são as ondas, correntes oceânicas, efeitos de marés, os ventos e o clima da região.

Portanto, a intensidade da ação destes agentes, em uma determinada área, depende das condições gerais do ambiente como temperatura, direção e intensidade do vento, salinidade, amplitude das marés e do relevo, estrutura geológica, dentre outros (CHRISTOFOLLETTI, 1980).

Um exemplo claro, são os grandes rios que levam em abundância sedimentos transportados por gravidade em direção ao oceano, que ao se depositarem são intensamente revolvidos por ondas e correntes, e depois incorporados nas praias, produzindo uma grande diversidade de ambientes e, conseqüentemente, feições geomorfológicas. Este é

o caso, por exemplo, das baías, ilhas barreiras, estuários, deltas e mangues que se formaram ao longo do período geológico recente chamado de quaternário (ROSSETTI, 2008).

Sob os aspectos da Geologia Sedimentar recente que contribuem com a dinâmica oceânica-estuarina, podemos citar as Formações Pioneiras de Influência Marinha, Influência Fluviomarina e Influência Fluvial, todas de origem quaternárias (SUGUIU, 2003). Em geral, tais formações apresentam fisionomias de vegetações variáveis, de herbácea a arbórea, todas são em áreas próximas ao litoral, sobre solos arenosos, que em alguns locais ocorrem manguezais, constituída por áreas alagadas e salobras (SUGUIU, 2003).

Cada formação pioneira citada, possui característica distinta e outras que são em comum, no entanto, o que pode determinar a peculiaridade geossistêmica³ de cada formação é a intensidade com os efeitos da dinâmica oceânica e estuarina.

Conforme Bird (2008), essa característica geológica sedimentar ocupa grande parte da planície costeira no Brasil. São áreas com baixas altitudes, entre alguns centímetros e pouco mais de cinco metros acima do nível do mar que inclui ambientes como pântanos, lagoas, canais fluviais e áreas de inundação. Nesses ambientes é comum ter vegetações de caráter arbustivos, sendo herbáceas principalmente sob dunas fixas e arbóreas em áreas de Mangues e pântanos. A litologia geralmente é representada por areias quartzosas, areias sílticas e siltes argilosos com matéria orgânica e depósitos rasos de turfa (MUEHE, 2006).

Nesse contexto, o município de Tutóia está localizado na Mesorregião Norte, fazendo parte da APA do Delta do Parnaíba. O município está sob as coordenadas centrais UTM 23 M 803558 E 9694763 S possuindo uma área total de 1.651,6 km² (IBGE, 2019). Seus limites são: ao Norte Oceano Atlântico, a Sul com os respectivos municípios de Santana do Maranhão, a Leste com Água Doce do Maranhão e a Oeste com Paulino Neves. A região pode ser caracterizada pela presença de campos dunares, lagoas pluviais, diversos rios que desaguam no oceano e baías onde prevalecem sedimentos detríticos expostos a intensa aceleração dos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos dando origem a diversas ilhas na região (DA SILVA, 2018). A figura mostra a localização da região e seus conjuntos de ilhas:

³ Geossistema é uma teoria formulada que diz que a litosfera, biosfera, hidrosferas e atmosfera estão interagindo de maneira recíproca construindo e destruindo as paisagens naturais, sejam elas modificadas ou não pela ação do ser humano.

Figura 1: Localização do Município de Tutóia, MA.



Fonte: Google Earth, elaborado pelo autor.

Ao norte do município de Tutóia, se localiza a maior ilha da região de Tutóia, popularmente conhecida como “Ilha Grande do Paulino”. Notadamente, em termos geomorfológicos, esta ilha se classifica como uma ilha barreira costeira, que em conjunto com as ilhas associadas com a linha de costa continental, se torna uma baía. Ao visualizar imagens de satélites da plataforma Google Earth, percebe-se que a Ilha Grande do Paulino funciona como uma barreira, que causa a diminuição e limitação dos efeitos da dinâmica oceânica na linha de costa da praia da Barra. Entretanto, os efeitos da dinâmica estuarina se tornam mais intensos devido à grande carga de sedimentos fluviais, tornando-se um sistema estuarino complexo atualmente.

Observa-se também através de imagens de satélites, que o adensamento populacional está avançando para as margens da linha de costa, com infraestrutura de casa e lazer (OLIVEIRA, 2011). Além disso, atividades de agricultura, pecuária e carcinicultura são dominantes na região e fatores que também podem contribuir para a mudança de paisagem⁴ local. Esta abordagem exemplifica as feições geomorfológicas de ilhas, barras e baías dessa região, sendo este conjunto facilmente identificável *in loco* ou via satélite.

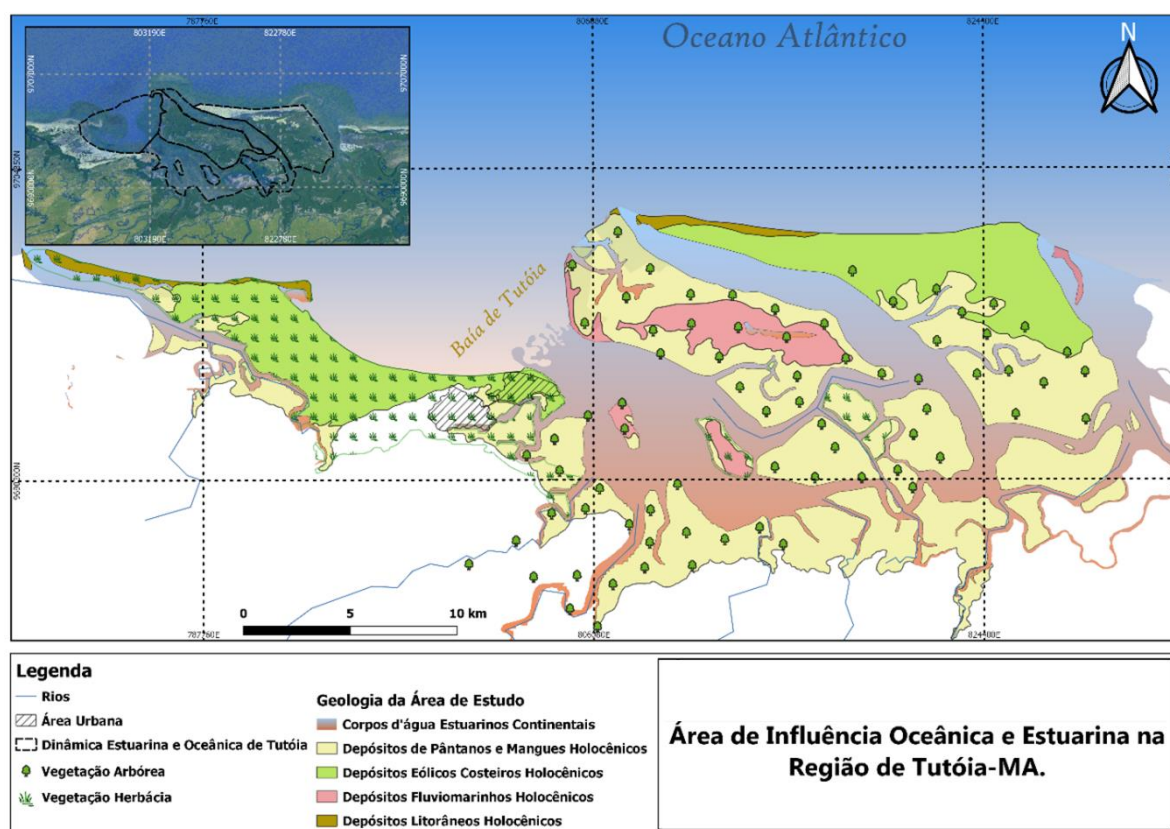
⁴ A paisagem, neste caso a natural, pode ser entendida como um conjunto formado pelos componentes da natureza, praias, rios, lagos, montanhas etc. podendo estar mais ou menos modificada pela ação humana.

Portanto, a grande variedade do conjunto de ilhas em Tutóia é formada por sedimentação fluvial de diversos rios que desaguam no oceano e pelos movimentos de recuo e avanços do mar durante o período quaternário (Pleistoceno e Holoceno).

A utilização de um conjunto de dados geoambientais provenientes de instituições como o IBGE, CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), ANA (Agência Nacional de Águas) e do Sistema Geocientífico da CPRM, foi fundamental para compreender e realizar análises ambientais e estudos nas ciências da Terra. Esses dados, especialmente quando convertidos em shapefiles, fornecem uma base rica e detalhada para a compreensão de variáveis ambientais e geológicas.

Nesse sentido, foi produzido um mapa para ilustrar a dinâmica do sistema Oceânico-Estuarino da região de Tutóia, assim como suas principais feições geológicas-geomorfológicas correlacionadas com as vegetações existentes.

Mapa 1: Área de Influência Oceânica e Estuarina na Região de Tutóia - MA.



Fonte: CPRM, elaborado pelo autor, 2020

O mapa elaborado para a região de Tutóia integra uma série de dados que abrangem aspectos geológicos, sedimentares e oceanográficos. Nele, são representados os corpos d'água estuarinos continentais, que são cruciais para entender a dinâmica oceânica e as interações entre ambientes marinhos e fluviais. Inclui também depósitos de pântanos e mangues holocênicos, que são indicativos de ambientes costeiros úmidos e fornecem informações sobre processos de sedimentação e a evolução costeira durante o Holoceno. Além disso, o mapa apresenta depósitos eólicos costeiros holocênicos, que revelam a ação do vento na modelagem da paisagem litorânea, e depósitos fluviomarinhas holocênicos, que refletem a interação entre os sistemas fluviais e marinhos. Também são destacados os depósitos litorâneos holocênicos, evidenciando as dinâmicas costeiras relacionadas à deposição de sedimentos nas zonas de interface terra-mar.

Adicionalmente, o mapa incorpora os componentes fitogeográficos da área de estudo, oferecendo uma visão integrada da vegetação e sua relação com as condições geológicas e climáticas da região. Essa abordagem multidimensional permite uma compreensão abrangente dos processos geoambientais que moldam o complexo estuarino de Tutóia.

A partir dos dados coletados, a interação da dinâmica oceânica-estuarina na região é intensa. Em termos geológicos tem-se a presença de depósitos de sedimentos de pântanos e mangues, depósitos eólicos costeiros (dunas), depósitos fluviomarinhas e depósitos litorâneos holocênicos. Além disso, esses depósitos contribuem para a formação de variadas feições geomorfológicas, incluindo ilhas barreiras e baías. Fica evidente que os impactos da dinâmica estuarina na região são mais significativos do que os da dinâmica oceânica. Esta observação leva à hipótese de que as feições geomorfológicas estão atuando como barreiras aos processos oceanográficos (DA SILVA, 2018).

Nesse sentido, através da pesquisa bibliográfica foi possível identificar como os agentes da dinâmica oceânica: 1) os efeitos das correntes marinhas, responsável pela troca de temperaturas das águas oceânicas e circulação de sedimentos e; 2) intensidades das ondas e as oscilações de maré que transportam, depositam e retrabalham os sedimentos. No que concerne aos agentes da dinâmica estuarina: 1) os efeitos dos fluxos de descargas de sedimentos aluviais e fluviais; 2) os aspectos químicos, físicos e biológicos que ocorrem no

processo de mistura das águas; 3) e fatores meteorológicos e climáticos que também atuam no transporte de sedimentos.

Segundo o IBGE (2019) o município de Tutóia possui cerca de 58.860 habitantes. Isso evidencia os fatores antrópicos como o adensamento populacional que também é considerado neste caso, um agente que tem participação ativa na dinâmica estuarina, uma vez que os principais centros urbanos estão em desenvolvimento em áreas litorâneas e o mesmo ocorre em Tutóia, ocasionando modificações na paisagem pelo adensamento populacional desordenado, desmatamentos, atividades de agricultura e carcinicultura, esgotos sanitários, pesca, turismo dentre outros (OLIVEIRA, 2011).

CONCLUSÃO

Neste trabalho, a revisão de literatura indicou que a dinâmica oceânica e estuarina é intensa, provocada por um ambiente de turbidez, devido a interação dos agentes oceânicos e estuarinos. Ficou evidente que os processos oceânicos contribuem com a alteração da paisagem de forma mais lenta quando se tem a presença de feições geomorfológicas como ilhas barreiras e baías, diminuindo assim, o impacto na zona de estuário. Nesse sentido, a sua principal contribuição da dinâmica oceânica seria o transporte e retrabalhamento de sedimentos advindos do mar, que vão de encontro com os agentes estuarinos, que são mais velozes e de intensa turbidez, principalmente por terem uma atribuição dos impactos humanos (antrópicos) que alteram a paisagem de forma rápida.

Os resultados alcançados também auxiliaram não só na compreensão da dinâmica costeira de Tutóia, mas na aplicação desse estudo em diversas regiões do Brasil, além disso, a pesquisa evidencia a necessidade de ampliar essa investigação, produzindo novos dados afim de associar a dinâmica aqui estudada - nos componentes geológicos, geomorfológicos, oceanográficos, meteorológicos e climáticos - a outras ciências como Sociologia, Antropologia e Geografia da População, uma vez que o estudo resultou que as atividades antrópicas são os agentes da dinâmica estuarina que causam impactos no meio ambiente de forma mais acelerada.

O resultado desse processo de integração e análise de dados é a elaboração de um mapa detalhado que ilustra a dinâmica costeira e oceânica na região de Tutóia.

Conhecer a fundo os impactos antrópicos na região é importante para permitir que as autoridades públicas consigam definir diretrizes, planos e legislações para mitigar ou diminuir os danos causados por diversas atividades com ações humanas. Outrossim, conhecer as dinâmicas oceânicas e estuarinas que ocorrem de forma intensa em Tutóia irá possibilitar a apresentação de dados preliminares de caráter ambiental da influência desses agentes modificadores da paisagem. Portanto, considero que a pesquisa concluiu o objetivo de forma satisfatória e que, além disso, trouxe parâmetros para dar continuidade neste estudo com enfoque em outras ciências.

REFERÊNCIAS

BIRD, E.C.F. 2008. **Coastal Geomorphology: An introduction**. 2nd edition. Chinchester. Wiley and Sons. 436 pp.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2 ed. 1980.

DA SILVA, Polyana Sá Menezes. **Dinâmica Costeira do Litoral De Tutóia (MA), a partir da Análise Multitemporal de Imagens de Satélite e do Uso de Geoprocessamento**. 2018. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resolução da Presidência do IBGE de nº 5 (R.PR-5/02). Consultado em 5 de dezembro de 2023.

MUEHE, Dieter. Erosion in the Brazilian coastal zone: an overview. **Journal of Coastal Research**, v. 39, p. 43-48, 2006.

MUEHE, Dieter. **Geomorfologia costeira**. In: GUERRA, J.T.; CUNHA, S.B. da. (orgs) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

OLIVEIRA, Wellington Romão; DE VASCONCELOS FROTA, Patrícia. Caracterização socioambiental do município de Tutóia–Maranhão. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47E, 2011.

PRITCHARD, D.W. 1963 **Estuaries**. In **The Seas, Ideas and Observations on Progress in the Study of the Seas**. Vol. 2, 306–324.

ROSSETTI, Dilce de Fátima. Ambientes costeiros. In: FLOREZANO, T. G. (org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia sedimentar**. Editora Blucher, 2003.