

Artigo

Impactos ambientais na morfodinâmica estuarina do Canal de Ararapira, Cananeia, SP

Boletim Paulista de Geografia
Nº: 114
Ano: 2025

 SANDRO FRANCISCO DETONI
Faculdade de Tecnologia de Barueri (Fatec Barueri) – Barueri, São Paulo, Brasil.
sandrogeousp@yahoo.com.br

DETTONI, Sandro Francisco. Impactos ambientais na morfodinâmica estuarina do Canal de Ararapira, Cananeia, SP. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 1, n. 114, p. 55-81, 2025.
<https://doi.org/10.61636/bpg.v1i114.3231>

Recebido em: 27 de outubro de 2023
Aceito para publicação em: 25 de março de 2025
Editor responsável: Igor Carlos Feitosa Alencar



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional.

Impactos ambientais na morfodinâmica estuarina do Canal de Ararapira, Cananeia, SP

Resumo

A abertura de uma nova barra no Canal de Ararapira em Cananeia é resultado das modificações energéticas de determinados processos morfodinâmicos. A configuração geomorfológica regional apresenta como atributo principal a ação dos fluxos de correntes de maré que adentram no ambiente estuarino. Tal condição determina o transporte sedimentar e a intensidade das taxas de erosão e de deposição. Contudo, a característica sedimentar das planícies estuarinas descreve uma geomorfologia altamente instável. Este artigo tem o objetivo de levantar os condicionantes morfológicos que atuam nesse ambiente, o que inclui o estudo sobre a evolução de sua paisagem. A verificação dos processos morfomarininhos e morfofluviais por meio dos modelos teóricos existentes é acrescida do levantamento quantitativo e qualitativo dessas variáveis. Com o suporte cartográfico, foi possível representar o histórico das alterações morfológicas e a estrutura hidrográfica da região. Diante das instabilidades geomorfológicas, pretendeu-se referenciar que a ação antrópica, a partir do estabelecimento do Canal do Varadouro, na década de 1950, no limite dos estados de São Paulo e Paraná, contribuiu para o rearranjo energético desses processos e impactou os padrões de erosividade e de deposição sedimentar no Canal do Ararapira, o que resultou em um novo dinamismo ambiental. Analisou-se o fato de o canal artificial influenciar na dinâmica hídrica estuarina, principalmente em função da alteração da velocidade dos processos geomorfológicos derivados dos fluxos das correntes de maré.

Palavras-chave: Geomorfologia costeira; estuários; Ilha do Cardoso.

Environmental impacts on the estuarine morphodynamic of the Ararapira Channel, Cananeia, SP

Abstract

The new inlet Ararapira Channel in Cananeia was formed as a result of changes in energetic patterns of some morphodynamic processes. The regional geomorphological setting presents as the main attribute the action of tidal current flows that come into the estuarine environment. This factor determines the sediment transport and the intensity of erosion and deposition rates. However, the sedimentary characteristic of estuarine plains describes an environment of high geomorphology instability. This work aims to analyse the morphological variable that acts in this estuary. It also includes the study of its landscape evolution. The verification of marine and fluvial morphology processes occurred through the existing theoretical models and the survey of quantitative and qualitative variables. Cartographic support was used to check the history of morphological changes and represent the regional hydrographic structure. Due to geomorphological instabilities, human action has impacted the patterns of sediment deposition and erosivity in Ararapira Channel, which occurred after the opening of the Varadouro Channel in the 1950s between the states of São Paulo and Paraná, resulting in an energy rearrangement and a new environmental dynamism. The artificial channel had an influence on the dynamics of estuarine waters, mainly as a consequence of changes in the speed of the geomorphological processes derived from the action of tidal current flows.

Keywords: Coastal geomorphology; estuaries; Cardoso Island.

Impactos ambientales en la morfodinámica estuarina del Canal de Ararapira, Cananeia, SP

Resumen

La apertura de una nueva barra en el Canal de Ararapira en Cananéia es el resultado de las modificaciones energéticas de ciertos procesos morfodinámicos. La configuración geomorfológica regional tiene como el atributo principal la acción de los fluxos de las corrientes de marea que ingresan al ambiente estuarino. Este hecho determina el transporte de sedimentos y la intensidad de las tasas de erosión y de deposición. Sin embargo, las características sedimentarias de las llanuras estuarinas describen una geomorfología altamente inestable. Este artículo tiene como objetivo hacer la identificación de los procesos morfológicos que actúan en este ambiente. Además, se incluye el estudio de la evolución de su paisaje. Los análisis de los procesos morfológicos marinos y fluviales se dieron a través de los modelos teóricos existentes y también por el relevamiento cuantitativo y cualitativo de estas variables. Con el soporte cartográfico fue posible representar los cambios morfológicos y la estructura hidrográfica de la región. En razón de las inestabilidades geomorfológicas, se verifica que la acción antrópica, a partir del establecimiento del Canal de Varadouro, en la década de 1950, en la frontera de los estados de São Paulo y Paraná, ha contribuido al reordenamiento energético de estos procesos e impactó en los patrones de erosión y de deposición en el Canal de Ararapira, lo que resultó en un nuevo dinamismo ambiental. El canal artificial influyó en la dinámica del agua estuarina, principalmente debido al cambio en la velocidad de los procesos geomorfológicos resultantes de los fluxos de las corrientes de marea.

Palabras-claves: Geomorfología costera; estuarios; Isla del Cardoso.

Introdução

Os ambientes costeiros sedimentares, em relação à dinâmica geomorfológica, são altamente instáveis. Tal característica é amplificada quando se trata de áreas estuarinas, visto que as variações de maré determinam um ciclo temporal de relativa intensidade nos processos morfológicos locais. Por outro lado, as alterações antropogênicas nesses espaços podem modificar os padrões de erosão e de deposição sedimentar, cujos impactos ambientais negativos se relacionam ao efeito do rearranjo da configuração morfológica e paisagística sobre a dinâmica natural e humana.

O complexo lagunar-estuarino de Cananeia-Iguape, no litoral sul de São Paulo, satisfaz essa condição de potencial instabilidade geomorfológica que se efetivou por meio da intensificação da ação morfodinâmica a partir de determinadas modificações antropogênicas. Destacam-se as construções de dois canais fluviais - o Valo Grande, em Iguape, e o Varadouro, em Cananeia, os quais resultaram no aumento das taxas erosivas e deposicionais em áreas específicas do sistema lagunar.

Em Cananeia, a intensificação dos processos morfodinâmicos compreende um trecho do Canal de Ararapira, localizado entre a sua foz, ao sul do município, e a desembocadura do rio do Varadouro. Esse setor, além de marcador físico natural da divisa dos estados de São Paulo e Paraná, delimita os municípios de Cananeia e Guaraqueçaba, ambos nas respectivas unidades estaduais.

No que diz respeito ao histórico de ocupação da região, ressalta-se que o município de Cananeia foi fundado oficialmente como Vila, em 1600, sob a denominação de São João Batista de Cananeia. Precedentemente, a região fazia parte da ocupação territorial da etnia guarani que se estendia daquelas terras até a Lagoa dos Patos ao sul e se adentrava pelo continente até o atual território paraguaio.

O objetivo deste artigo é o de descrever e analisar os mecanismos atuantes na dinâmica e na configuração geomorfológica daquela região estuarina. Com isso, buscou-se desenvolver os pressupostos que embasam a hipótese de que a abertura do Canal do Varadouro alterou a velocidade dos processos morfodinâmicos no Canal do Ararapira.

Se, por um lado, ocorreu a intensificação dos processos erosivos num dos setores côncavos do canal, por si, o mais suscetível à erosão, por outro, o estabelecimento de um novo equilíbrio ambiental aumentou a deposição próxima à foz do canal lagunar. Consequentemente, esses processos culminaram com a abertura de uma nova conexão entre o oceano e o estuário na restinga da Ilha do Cardoso, no trecho próximo à Enseada da Baleia.

Não cabe a este artigo efetuar a discussão sobre a relevância socioeconômica, naquele momento, do canal artificial. Definiu-se a hipótese de que a sua abertura influenciou nos processos morfodinâmicos no Canal

de Ararapira, os quais resultaram na abertura da nova Barra do Ararapira e no gradual fechamento da antiga foz, em razão dos movimentos de redistribuição e de deposição de sedimentos pelas derivas de marés.

A entrada e a saída das águas no ambiente, devido ao ciclo de variações de maré e o aporte de águas fluviais, são os principais condicionantes para as alterações morfológicas do ambiente lagunar. Assim, propõe-se que o descolamento da barra do Ararapira deve ser compreendido pela análise de tais variáveis.

A hipótese da influência da ação humana para o deslocamento da Barra do Ararapira pode ser balizada pelas modificações ocorridas na barra do rio Ribeira de Iguape após o estabelecimento do Valo Grande. A partir de então, o fluxo hídrico em direção ao oceano se dividiu, a ponto da vazão do Valo Grande se tornar maior que na foz do Ribeira, variável que influenciou na disposição dos sedimentos distribuídos e redistribuídos pelas correntes de maré, o que culminou com o fechamento da antiga desembocadura, cujo referido rio passou desaguar na Barra do Icapara, na entrada do denominado Mar de Iguape, ou Pequeno, a sudoeste.

Materiais e Métodos

Ao considerar que as alterações no canal estuarino decorrem da ação hídrica, resultado da intensificação dos processos morfodinâmicos que se condicionam à abertura do canal artificial do Varadouro, o estudo, num primeiro momento, descreve, por meio da bibliografia, as características que determinaram a formação paisagística estuarina, sobretudo, nos aspectos relativos à morfocronologia geomorfológica e geológica regional.

Na etapa posterior, referenciada pelo apoio bibliográfico, levantou-se o histórico social e econômico envolvidos na construção do referido canal. Com o levantamento da cartografia histórica, foi possível resgatar a configuração do terreno no momento anterior à execução da obra civil.

A pesquisa bibliográfica também trouxe os subsídios necessários para compreender a dinâmica dos fluxos de maré e a análise da corrente de deriva litorânea na foz do Canal de Ararapira. Assim, descreveram-se os modelos teóricos relativos aos processos erosivos e deposicionais no contexto dessas variáveis.

As correntes de marés são essenciais na morfodinâmica dos canais, em contrapartida, não se deve menosprezar a ação das águas fluviais. Por isso, efetuou-se o levantamento das bacias hidrográficas que afluem para o Canal de Ararapira com o intuito de estimar a participação de cada uma delas nas vazões médias. A representação dos cursos fluviais e os perímetros das bacias hidrográficas foram obtidos por

meio da vetorização das folhas topográficas Ariri, Barra do Superagui (antiga Barra do Ararapira) e Cananeia, na escala 1:50.000, produzidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A estimativa de vazão média foi baseada nos métodos racional e I-Pai Wu, cujas áreas das bacias se constituíram numa das principais variáveis envolvidas no cálculo¹. Utilizou-se como consulta o guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, produzido pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE-SP) que descreve as fórmulas e os procedimentos adotados (SÃO PAULO, 2005).

A organização da evolução histórica das imagens de satélite do canal de Ararapira advém da disponibilidade desses produtos pelo *Google Earth*. Nessas imagens, procurou-se evidenciar a evolução erosiva e deposicional no setor do canal entre a sua foz e a comunidade da Enseada da Baleia.

A cartografia histórica contou com o recorte da área do Canal do Varadouro nos seguintes documentos: o *Mapa da Bahia de Paranaguá comprehendendo a Colônia de Superaguy e a Entrada do Mar Pequeno de Iguape* (1870), sem escala; e a *Planta do Litoral do Estado de São Paulo entre a Barra do Ararapira e Juravaú* (1911), na escala 1:50.000.

As informações acerca da precipitação média anual se basearam no tratamento dos dados pluviométricos da estação Ariri, operada pelo DAEE-SP. A abrangência da série histórica foi o período de 1941 a 1978. Já a estação de Cananeia, sob responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), contou com o período de análise de 2001 a 2022.

A consulta das tábuas de marés, elaboradas pela Marinha e pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), forneceu os registros de seus extremos com o intuito de se verificar as condições meteorológicas durante o rompimento do cordão arenoso.

Por fim, o contato com os habitantes do bairro do Ariri confirmou alguns processos que passaram a ocorrer a partir do estabelecimento do Canal do Varadouro, os quais influenciaram a dinâmica lagunar-estuarina.

Resultados

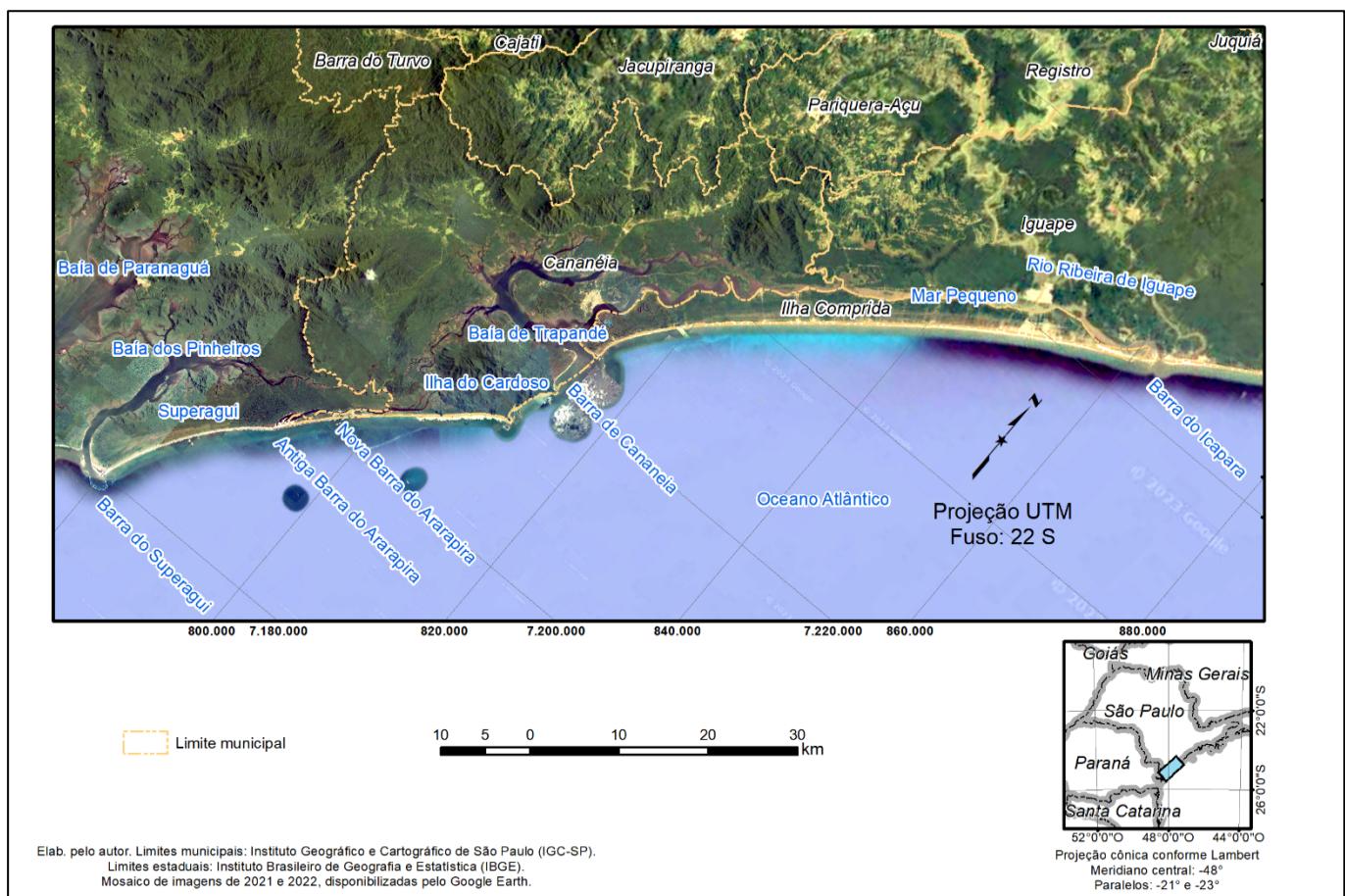
Evolução da paisagem estuarina

O relevo da região se caracteriza por uma planície estuarina, cujas feições geomorfológicas atuais resultam distintas fases de deposição sedimentar, ocorridas a partir do período Quaternário - fruto de transgressões e regressões marinhas, as quais, mais recentemente, conduziram à formação de restingas.

¹ Os métodos em questão calculam a estimativa da vazão média. Todavia, o escoamento fluvial é resultado da precipitação, infiltração e evapotranspiração, esta última variável não foi considerada no cômputo da análise.

O ambiente lagunar-estuarino possui distintas denominações (Mar Pequeno, ou de Iguape, Mar de Cananeia, ou de Fora, Mar do Meio, ou do Taquari, Mar do Itapitangui, Mar do Cubatão, ou de Dentro e Canal, ou Mar de Ararapira). O contato estuário-oceano ocorre, originalmente, por 3 barras, elencadas aqui de sudoeste para nordeste: Ararapira, Cananeia e Icapara (Figura 1). Destaca-se que tais aberturas permitem que as águas oceânicas adentrem ao ambiente continental por meio do ciclo de maré. A dinâmica geomorfológica da planície de maré determinará, entre outros fatores, a vegetação de mangue, em razão do fluxo periódico de águas salinas no sistema lagunar, com importante papel exercido pela Baía do Trapandé, localizada entre a Ilha Comprida e a Ilha da Cardoso.

Figura 1: Mapa da localização do complexo lagunar-estuarino de Cananeia-Iguape



A planície costeira é composta por terraços pleistocênicos e restingas formadas desde o Holoceno. Estas últimas resultam dos episódios que se iniciaram durante a transgressão marinha, ocorrida após o *Optimum climático* entre 6.000 e 5.000 AP e a consequente elevação do nível do mar em torno de 3,5 metros acima do nível atual, quando a linha de costa atingiu o sopé da Serra do Mar. Dessa forma, os atuais morros e maciços costeiros, naquele momento, ficaram ilhados, por isso, as atuais formações residuais são consideradas paleoilhas. Segundo Ab'Sáber (2005), os remanescentes dos processos geológicos e fisiográficos propiciaram a formação de restingas entre os esporões costeiros de dois ou 3 cordões de areia facilmente identificáveis nas cartas topográficas. O autor descreve 3 gerações de

restingas intercaladas por longas lagunas interligadas: Mar de Fora, Mar de Dentro e Mar de Itapitangui. Já as planícies de marés cobertas por manguezais se relacionam às baías de ingressão marinha, cuja tropicalidade permitiu a atual constituição vegetacional, relacionadas ao movimento de regressão após 5.500 AP.

Suguio et al. (1985) descrevem os seguintes paleoníveis marinhos da região: o mais alto, de 120.000 AP, datados como do Pleistoceno e descritos como oriundos da Transgressão Cananeia. Além desse nível, definem-se outros dois de depósitos sedimentares - um inferior que corresponde à fase transgressiva e outro superior à fase regressiva. O nível que corresponde à Transgressão Santos apresenta alinhamentos de cristas de praias e depósitos menos extensos, datados em 5.100 AP. Já a fase atual, conforme descrito, é responsável pelo estabelecimento das cristas de praias regressivas holocênicas. Para autores, num contexto geral, os níveis continentais são controlados pelos seguintes fatores: movimentos tectônicos, movimentos isostáticos e deformações do geoide continental. Não obstante, destacam que os níveis oceânicos são controlados por diversos condicionantes, dentre os quais, incluem a tectono-eustasia, a glacio-eustasia e as deformações na superfície relativas ao geoide marinho. Nesse contexto, para Suguio et al. (1985), as oscilações após 5.100 AP foram suficientemente grandes para serem atribuídas à glacio-eustasia, por isso, podem ser explicadas pelo levantamento regional de toda superfície geoidal antes de 5.100 AP.

Finalmente, ressalta-se que o processo de deslocamento da desembocadura do Ararapira decorre da morfodinâmica regional, resultado do desenvolvimento de um pontal arenoso formado por cordões dunares que se ancoraram no setor sudoeste do maciço granítico da Ilha do Cardoso.

Ações antropogênicas

As principais ações antrópicas que impactaram na dinâmica geomorfológica regional advêm da construção de dois canais de drenagem. O Canal do Valo Grande, em Iguape, construído no século XIX, estabeleceu o desvio de parte das águas do rio Ribeira de Iguape, no setor localizado a, aproximadamente, 31 quilômetros de sua foz. Com isso, uma quantidade do fluxo hídrico passou a desaguar no estuário do Mar Pequeno. Além de criar a Ilha onde se localiza parte do núcleo urbano de Iguape, ocorreram modificações no aporte sedimentar e na salinidade do setor estuarino. Inclui-se que na foz do Ribeira de Iguape, os processos marinhos se sobrepujaram à ação da vazão fluvial, a ponto de a deriva de maré deslocar a desembocadura do curso d'água para a Barra do Icapara.

Ao analisar a dinâmica das correntes de maré no Mar Pequeno, Besnard (1950) propôs alguns fatores que limitavam a entrada de água marinha no sistema lagunar, os quais se relacionam ao assoreamento do canal lagunar, no trecho entre o Valo Grande e a Barra de Icapara, e à influência do fluxo fluvial do Ribeira

nos períodos de cheia². A dinâmica descrita pelo autor apresenta importantes informações acerca da entrada do fluxo das correntes de maré no estuário. Para o pesquisador, a deposição e o fluxo hídrico entre a foz do Valo Grande e a Barra de Icapara limitam a velocidade do fluxo da maré de enchente no canal estuarino do Mar Pequeno. Consequentemente, o fluxo de maré advindo da Barra de Cananeia, a sudoeste, atinge maiores velocidades e se estende mais adentro no Mar Pequeno. O encontro das marés vai ocorrer num local denominado Pedra do Tombo das Águas, que está à distância de, aproximadamente, 44 e 36 quilômetros das barras de Cananeia e Icapara, respectivamente.

A preamar penetrando pelas duas bocas que dão acesso à laguna, cria simultâneamente duas correntes inversas. Essas correntes seguem uma ao encontro da outra, recalcando diante de si tudo quanto não logrou escapar ao ímpeto das que as havia precedido. A que vem do norte, é mais fraca do que a do sul. Esta, porém, percorre região mais complexa da laguna, rica em meandros. De fato, a 36 km. da barra de Icaparra, um pouco mais abaixo da Ilha Grande, encontra-se um marco a que se dá o nome de "Pedra do Tombo das Águas". Essa baliza, plantada pelo Serviço Hidrográfico da Marinha Nacional, na ocasião em que procedeu ao levantamento topográfico da região, acha-se a 36 km. da barra de Icaparra e a 44, da de Cananéia. (Besnard, p. 4, 1950)

O fluxo de maré de enchente e de vazante é um dos principais fatores que modelam as morfologias dos canais. Para Miyao e Harari (1989), as correntes de maré são responsáveis pelos processos de trocas e misturas das águas continentais e oceânicas, além de se constituírem num agente efetivo no processo de transporte de sedimentos.

As características distintas entre as marés oriundas de ambas as barras, apontada por Besnard (1950), também são referenciadas por Miyao e Hariri (1989), os quais atribuem ao efeito de atrito que provoca, principalmente, a mudança de fase e um decaimento das componentes. A assimetria na duração nas marés de vazante e enchente, esta última com maior duração, ocasiona influência na tendência de deposição sedimentar.

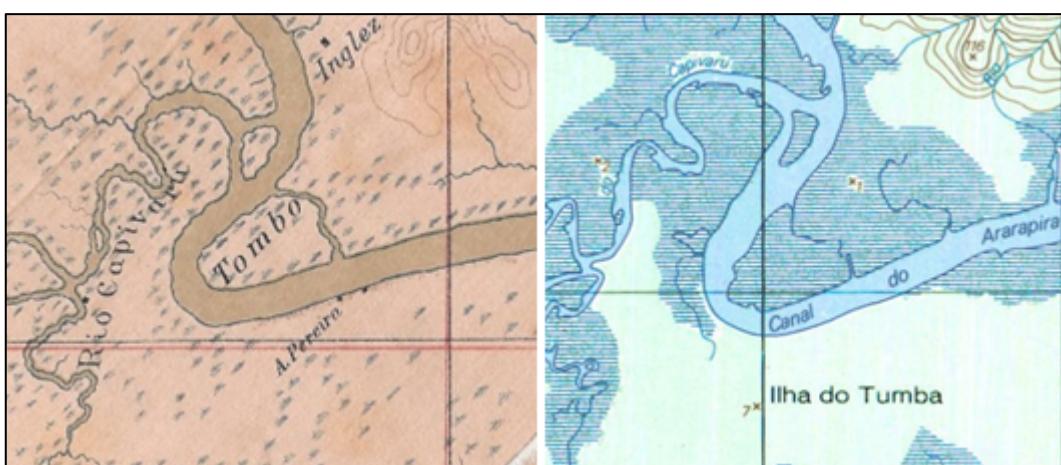
A amplificação diferenciada das componentes entre os dois locais pode ser atribuída aos diferentes graus de interferência das diversas componentes, em função de suas características (amplitude e fase) nas duas Barras, e das modificações que sofrem na sua propagação. O efeito do atrito no estuário, além de amortecer diferentemente as componentes de maré da onda progressiva, cria novas componentes, os harmônicos compostos. Essas componentes, conhecidas como componentes de águas rasas, são geradas por interações devido ao atrito e outros efeitos não lineares, e resultam em distorções das componentes fundamentais. (Miyao e Hariri, p. 112, 1989)

No Canal de Ararapira, as águas oceânicas adentravam ao estuário pela barra homônima e pela Barra de Cananeia. Almeida (1961) descreve que a localização aproximada onde se encontravam os fluxos de marés advindos dessas barras era a Ilha da Tumba, corruptela de Tombo, referente ao tombo das águas que os moradores costumam chamar *tambalasaguas*. A Carta Topográfica, Folha Ariri, confirma tal

² O autor, equivocadamente, denomina a foz do Valo Grande como a do rio Ribeira de Iguape.

denominação. Já a Planta do Litoral do Estado de São Paulo de 1911, na escala 1:50.000, registra o local aproximado do encontro entre as marés (Figura 2). Mensurou-se que é o ponto intermediário entre as barras, cuja equidistância é, por volta, de 24 quilômetros. Todavia, o local descrito como o da junção das correntes de maré não considerou a abertura do Canal do Varadouro, na década de 1950. Segundo os depoimentos dos moradores do Bairro do Ariri que trabalham com o transporte hidroviário na região, o ponto atual do encontro das marés está, por volta, de 4 km da antiga marcação, no sentido da Baía de Trapandé, nas imediações da curva da Laranjeira e do Sambaqui Branco.

Figura 2: Representação cartográfica do “tombo das águas”



Fonte: À esquerda, Planta Topográfica de 1911. À direita, a mesma localização na Folha Topográfica Ariri 1:50.000, IBGE, cobertura aérea de 1981.

O Canal do Varadouro era uma passagem terrestre oficial entre a região de Cananeia e a de Paranaguá. A própria origem do nome remete à ideia de varar que Rodrigues (1959) relaciona à necessidade dos “paraderos”, comerciantes e viajantes, em arrastar as suas canoas para varar o istmo de um mar a outro, ou seja, parte do percurso fluvial era interrompido por uma faixa de terra, num terreno relativamente plano, de poucos quilômetros (por volta de 3.300 metros) que passava pela pedra da divisa, localizado entre o cotovelo do rio do Varadouro, em São Paulo, e um afluente da Baía dos Pinheiros, no Paraná, caminho terrestre que conectava os portos do Varadouro e Batista.

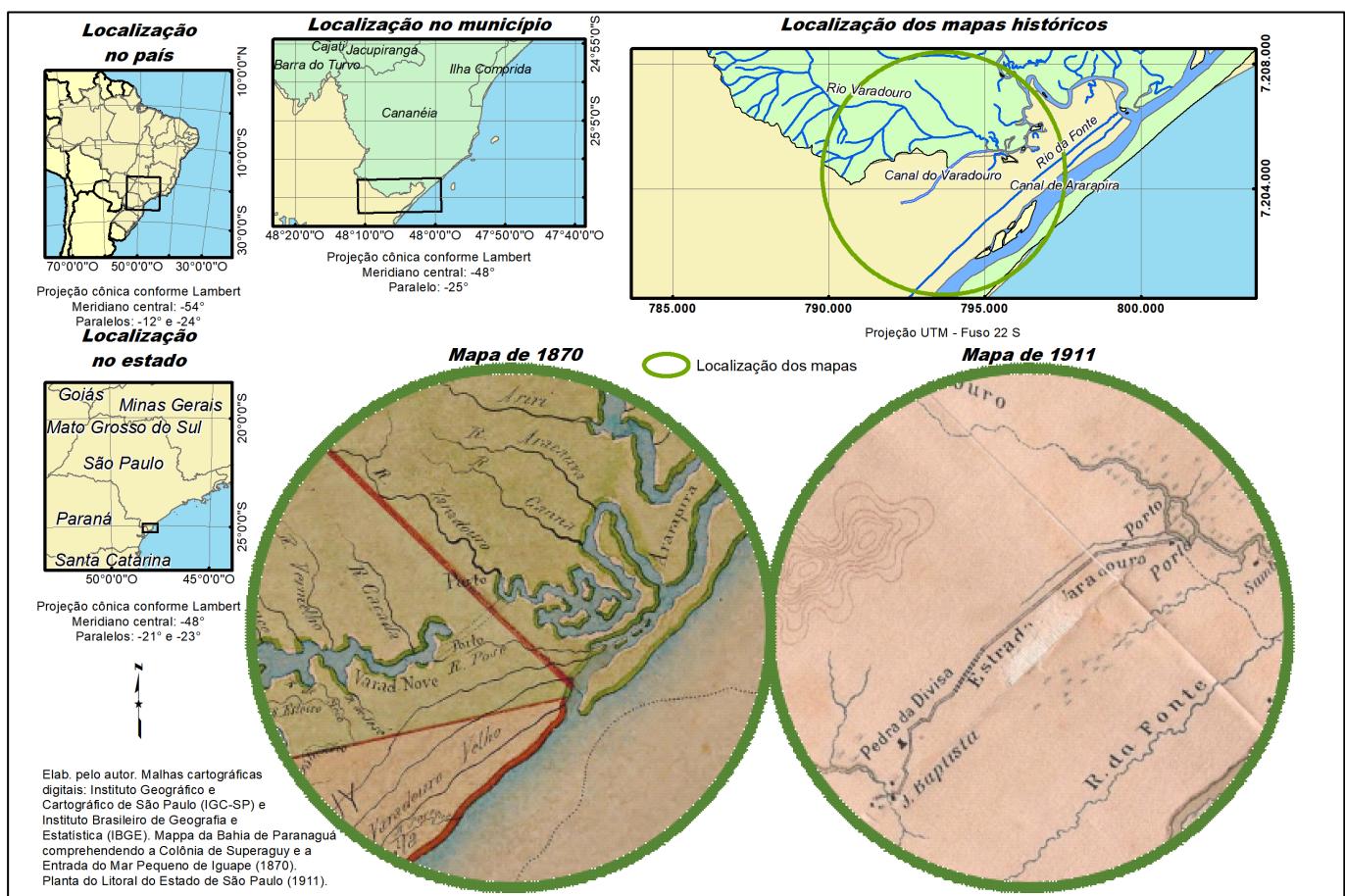
Considerando a obrigatoriedade da passagem pelo então istmo do Varadouro, de um lado; e as dificuldades da travessia, do outro, não se deve admirar que documentos coloniais tenham relatado providências sobre a abertura de um canal naquele sítio. É o que se pode deduzir de certas manifestações de capitães-mores, assim como pronunciamento das Câmaras interessadas no projeto. (Rodrigues, p. 479, 1959)

Segundo Rodrigues (1959), as obras do canal se iniciaram em 1952 e foram finalizadas em 1959. Porém, o canal já era utilizado desde 1954. A autora ainda ressalta o fato de não ocorrer a sua inauguração e que a navegação no local era esporádica e indevida.

Por ora julgamos oportuno informar, segundo depoimento de regionais, que umas poucas barcas cruzaram e cruzam, o Canal aberto no istmo do Varadouro, que atinge cerca de 5.500 metros de comprimento, com uma profundidade de 6 a 7 pés de calado, baixa mar. (Rodrigues, p. 499, 1959)

A cartografia histórica, na ausência de outras representações iconográficas, tais como fotografias e pinturas paisagísticas, cumpre um importante papel para o resgate fisiográfico da região, no momento anterior à abertura do canal.

Figura 3: Registro histórico cartográfico da antiga estrada do Varadouro



A Figura 3 revela a antiga configuração físico-natural da região que compreende o atual Canal do Varadouro. Destaca-se a ligação terrestre entre o rio do Varadouro e a Baía dos Pinheiros que atravessava o istmo, juntamente com a existência dos dois portos fluviais que eram interligados por meio da Estrada do Varadouro, conforme apontam os documentos cartográficos, os quais atestam a significância desses caminhos para o deslocamento terrestre na região.

Processos morfomarininhos

Os movimentos de deposição e de distribuição sedimentar ocasionados pelas correntes de deriva litorânea e pelo fluxo hídrico determinam, naturalmente, o deslocamento da Barra do Ararapira no sentido sudoeste.

A ação hídrica, gradualmente, erodiu a feição côncava de um setor meândrico do Canal de Ararapira³ situado, por volta de 8 quilômetros de sua foz, processo que é parte da dinâmica estuarina. Contudo, o aumento ou a diminuição da intensidade energética imprimiram o rearranjo erosivo e deposicional naquela região do canal, cujo fator desencadeador se deve, principalmente, à alteração da dinâmica das correntes de marés de enchente e de vazante, a partir da abertura do Canal do Varadouro, na década de 1950.

Convém considerar também a ação das águas fluviais nos processos de erosão e de transporte na formação e na destruição da feição de restinga na foz do Ararapira, objeto de análise do próximo item.

Como a região costeira se caracteriza pela ação de processos geomorfológicos marinhos e continentais, quaisquer alterações que possam influenciar as velocidades e as intensidades dessas variáveis devem fazer parte do seu espectro analítico, pois interferem na morfologia das reentrâncias fluviolagunares. Porém, o papel fundamental se dá nas correntes de marés, por consequência, as conexões entre o oceano e o estuário que permitem a entrada desses fluxos hídricos no sistema e influenciam nos mecanismos do equilíbrio ambiental estuarino regional.

Conforme descrito, a região da foz do Ararapira se caracteriza por uma planície de restinga, formada pela ação das correntes longitudinais, ou de deriva litorânea. Para compreender o processo de distribuição sedimentar costeira e o deslocamento habitual da Barra do Ararapira no sentido sudoeste, além da análise do transporte de sedimentos no perfil de praia, é necessário considerar a orientação dessas correntes, combinadas ao fluxo das águas continentais.

Oertel (1975) descreve que a interação entre as correntes costeiras e as de maré dinamiza diferentes forças energéticas que resultam na formação de bancos de areia na foz estuarina. O autor apresenta graficamente a relação estabelecida pelas forças energética atuantes e a componente sedimentar, ao propor o esquema de evolução representado pela Figura 4. Segundo o modelo, o predomínio de deposição sedimentar decorre da ação das forças relativas. O modelo “C” caracteriza o padrão deposicional na foz do Ararapira⁴. Suguio et al. (1985) delineiam, teoricamente, as etapas do modelo gráfico proposto. Para o autor, os mecanismos atuantes na desembocadura fluvial em zona litorânea são definidos em função dos movimentos de alta e de baixa descarga fluvial. Nos períodos de alto fluxo fluvial, o jato de água na desembocadura atuará como uma barreira que bloqueia o transporte das areias durante

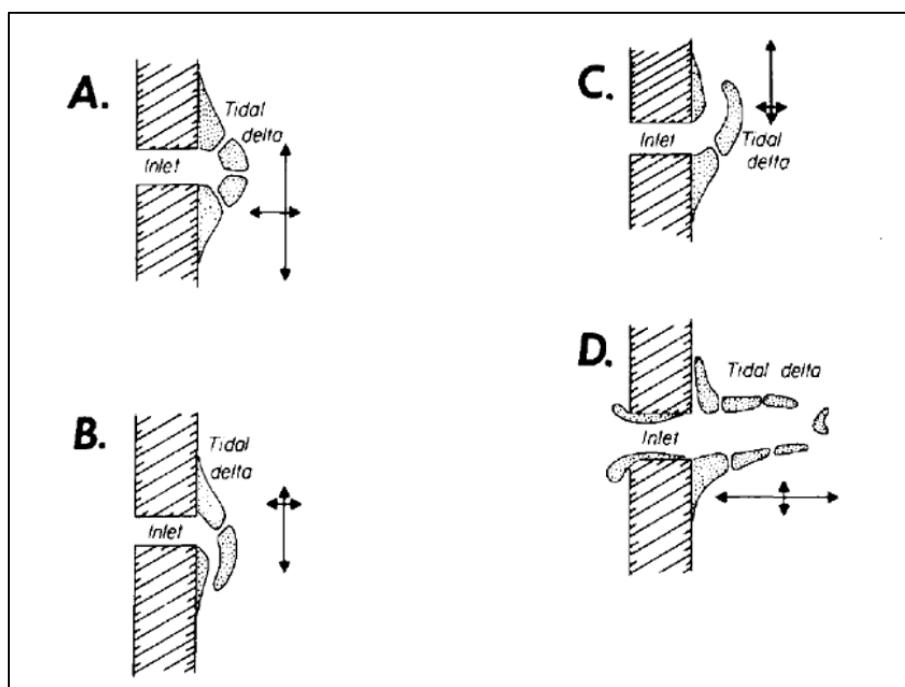
³ Convém destacar que a professora da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Maria Cristina de Souza, em entrevista concedida à Folha do Meio, em 29 de agosto de 2018, não atribuiu às causas antropogênicas os processos que culminaram com a abertura da nova Barra do Ararapira.

⁴[...] the interactions between coastal currents and inlet currents may have different resultant forces and the peripheral shoals of tidal deltas may be semicircular or elongate to the left or right of the inlet. (Oertel, p. 269, 1975).

o movimento de deriva litorânea, semelhante ao efeito de um mole artificial. Ao bloquear o transporte das areias, haverá a deposição sedimentar na frente da corrente (barlamar) e erosão a sotamar, ocasião em que o déficit de sedimentos pode ser compensado pelo próprio fluxo fluvial. Interessa-nos aqui relacionar o processo de fechamento da antiga desembocadura da Barra do Ararapira à hipótese da diminuição da descarga fluvial que, segundo Suguio et al. (1985), fará, praticamente, desaparecer o obstáculo representado pelo jato fluvial de modo que a "meia-cúspide", construída a barlamar, na fase precedente, poderá sofrer acelerado processo de erosão.

Os sedimentos resultantes da erosão são transportados a sota-mar e originam um pontal arenoso que tenderá a obstruir a desembocadura fluvial. Se o período de vazão mais fraca prolongar-se por tempo suficiente, o pontal poderá resistir às fases iniciais de maior vazão. A seguir, só a extremidade do pontal poderá ser destruída e o barramento na desembocadura pode fazer com que a foz sofra um desvio no sentido da deriva litorânea. Este processo deixará sobre a planície costeira linhas de truncamento ziguezagueantes. Acompanhando estas linhas de truncamento será construído, a barlamar, novo sistema de cristas arenosas alimentado por transporte litorâneo paralelo à linha de costa. (Suguio et al., p. 281-282, 1985)

Figura 4: Deltas de maré vazante em estuários não estratificados



Fonte: Oertel (1975). O comprimento das setas indica o peso das componentes (corrente de maré vazante, trens de ondas e deriva litorânea). A, a força da deriva litorânea e trens de ondas são maiores que a corrente vazante. B, a força da deriva litorânea de sul é maior que as demais forças. C, a força da deriva litorânea de norte é maior que as demais forças. D, a força da maré vazante é maior que as derivas litorâneas de sul e de norte.

A deposição e a retirada de sedimentos desenvolviam, originalmente, na antiga Barra do Ararapira, duas morfologias de delta de maré, conforme relata Angulo (1993): uma vazante, a qual decorria do efeito e da distribuição sedimentar, resultado do fluxo hídrico advindo do canal; e outra de enchente, relacionada à deposição dos sedimentos da deriva litorânea predominante.

A distribuição e redistribuição sedimentar por meio do processo de deriva litorânea e a consequente ação de ondas são dinamizados pelos seguintes sistemas atmosféricos: a Massa Tropical Atlântica (mTa) - ondas de leste-nordeste - e o Massa Polar Atlântica (mPa) - ondas de sul-sudeste. Na antiga desembocadura do Ararapira, os trens de ondas de sul-sudeste distribuem os sedimentos na margem do Superagui, oposta à formação sedimentar da Ilha do Cardoso. Contudo, o fluxo hídrico do Canal de Ararapira, principalmente em razão da variação de maré, determina uma espécie de mole na desembocadura, o qual é destruído nas marés meteorológicas. Já a deriva litorânea de leste-nordeste é responsável pelo aumento da superfície arenosa da referida Ilha, ou seja, determina o transporte de sedimentos no sentido sudoeste que provocava o aumento da língua arenosa.

Para Tessler (1988), a Barra de Ararapira, da mesma forma que as barras de Cananeia e Icapara, são as feições geomórficas mais instáveis do litoral sul de São Paulo, resultado da interação dos sistemas litorâneos e lagunares. Com relação, especificamente, à Ararapira, o autor ressalta que a sua evolução decorre da progradação no sentido sudoeste, rumo oposto ao predomínio da corrente de deriva litorânea regional, a qual é de nordeste.

Atribuem-se às variações de marés um papel de destaque na morfodinâmica estuarina que, regionalmente, descrevem-se como do tipo semidiurna e apresentam amplitude de 1,6 metros, caracterizada como de micromaré, com duas premares e duas baixa-mares (Mihály e Angulo, 2002).

Tessler (1988), ao descrever os mecanismos que afetam a Barra de Ararapira, sobressalta o estabelecimento da excentricidade no transporte sedimentar litorâneo local, cujo rumo do crescimento do cordão arenoso da Ilha do Cardoso é de sudeste e não de nordeste. A progradação, próxima à desembocadura, no sentido sudoeste, é explicada em razão da erosão das marés de vazante sobre os antigos depósitos arenosos de direção geral sudoeste-nordeste. Os padrões de alinhamento dos cordões litorâneos são semelhantes aos da Ilha Comprida. No entanto, a margem erosiva se associa à continuidade lateral como uma feição do tipo esporão arenoso enraizado na porção externa dessa margem côncava de desenvolvimento oposto a progradação do canal. Para o autor, tal característica também é observada em ilhas arenosas de margens convexas, localizadas em setores opostos às feições erosivas côncavas.

Esse padrão, semelhante ao apresentado por um rio meandrante, é condicionado pelos fluxos alternados de marés com o crescimento das feições deposicionais no mesmo sentido da corrente de maré

predominante. O crescimento do cordão da Ilha do Cardoso, ou seja, a face interna da praia decorre da deposição dos sedimentos arenosos erodidos na margem oposta do canal, localizada na Ilha do Superagui. As correntes de deriva litorânea no sentido nordeste promovem a tendência de fechamento da desembocadura do canal. Por outro lado, o fluxo de maré vazante impõe a formação de um esporão de margem côncava. Destaca-se também o abandono dos sedimentos arenosos carreados pelas águas provenientes do canal na região marinha próxima à desembocadura lagunar. Tal mecanismo é mais eficiente quanto maior for a intensidade do fluxo que flui para fora através da desembocadura lagunar, condição que ocorre, predominantemente, durante a passagem de frentes frias, quando os ventos predominantes sul-sudeste causam o aprisionamento das águas nos sistemas lagunares. Isso faz com que o volume de água retido seja superior ao período dos ciclos normais de maré. Ao cessar o evento atmosférico, a maior intensidade do fluxo de maré vazante acelera o processo erosivo das margens côncavas, o que promove a alimentação das margens de deposição e ilhas lagunares por sedimentos arenosos. Durante esses eventos, com o transporte litorâneo mais intenso, a construção do esporão arenoso da desembocadura é acelerada. Esses sedimentos, juntamente com os bancos arenosos submersos, tentam obstruir a foz. A tendência de obstrução é rompida quando a vazão é intensificada. Nos intervalos de atuação dos sistemas frontais, a deriva litorânea remobiliza esses sedimentos e os incorpora à Praia do Ararapira, em especial nas áreas localizadas mais a sudoeste. Há, assim, uma incorporação associada ao processo erosivo pelas correntes de maré de vazante, responsável pelo deslocamento da desembocadura rumo ao sul (Tessler, 1988).

Por fim, a deposição sedimentar na antiga desembocadura do Canal de Ararapira decorre do processo gradual de diminuição da ação energética do fluxo hídrico no local. Se, por um lado, há o gradativo assoreamento da barra, por outro, descreve-se a intensificação erosiva de um dos setores côncavos do Mar de Ararapira que culminou com a abertura de uma nova comunicação entre o estuário e o oceano. Entretanto, convém pesquisar os fatores que conduziram à intensificação dos processos deposicionais e erosivos.

A análise deve se ater, num primeiro momento, à ação das correntes de maré de enchente e de vazante. De alguma forma, houve uma modificação na intensidade dessa variável, posterior à abertura do Canal do Varadouro, o que influenciou a intensidade da ação erosiva e deposicional.

Com a abertura do canal artificial, a distribuição do fluxo hídrico de enchente e de vazante passou a ter mais um ponto de comunicação entre o ambiente lagunar e o oceano. Destaca-se também que a abertura do canal estabeleceu um encontro das correntes de maré de enchente no setor intermediário entre as

barras do Ararapira e do Superagui. Porém, essa junção, por si próprio, não explicaria o incremento de águas na região do Ararapira, visto que o encontro entre as marés passou a ocorrer no próprio canal⁵.

Nesse momento, cabe analisar o papel de certas condições atmosféricas peculiares, as quais podem aumentar o fluxo hídrico proveniente do canal artificial em direção ao sistema lagunar regional. Torna-se oportuno recorrer à contribuição de Angulo (1993) que, ao analisar a morfologia das dunas frontais no litoral do Paraná, descreveu o comportamento eólico ao sul da foz do Ararapira, com base nos dados da Empresa de Portos do Brasil (Portobrás). O autor ressalta a predominância, no quadrante sudeste e sul-sudeste, dos ventos de maiores intensidades. O fluxo eólico de 8 m/s compõe mais da metade dos ventos dessas velocidades, ao comparar com os demais quadrantes. Já as velocidades de 10 m/s e as de 10 a 14 m/s concentram, respectivamente, 81,2% e 74,5% dos ventos para o quadrante descrito⁶. Apesar de o Canal do Varadouro possuir direção predominante de nordeste-sudoeste, a ação energética dos ventos predominantes tende a formar um corredor que seria capaz de deslocar massas significativas de águas para a região jusante da foz do rio Varadouro⁷, acrescenta-se, nessa perspectiva, o bloqueio do fluxo na direção da Baía dos Pinheiros. Esse condicionante ocasiona o aumento da quantidade de água no Canal do Ararapira, o que, por conseguinte, intensifica a atividade erosiva, principalmente, nos setores côncavos do canal. É relevante ponderar que, em certas ocasiões, parte das águas da fase de enchente podem drenar, na fase vazante, pelo Canal do Varadouro em direção a Baía dos Pinheiros, no Paraná, o que também determinou o desequilíbrio morfodinâmico regional.

A gradativa influência sobre a diminuição das velocidades e, por consequência, da energia cinética na foz do Ararapira, em razão da abertura do Canal do Varadouro, favoreceu a deposição de sedimentos na margem da Ilha do Superagui. O fluxo hídrico passou a não contar com a ação energética suficiente para provocar o efetivo efeito mole e o extravasamento de suas águas para o oceano foi, cada vez mais, dificultado. De outra parte, a deposição de sedimentos, resultado da deriva nordeste, permitiu, em certo momento, além da diminuição de profundidade, o fechamento do canal. O novo canal foi aberto na parte côncava do perfil meandrante, onde os processos erosivos estabelecidos foram favorecidos pelo gradual fechamento da antiga barra.

Nogueira (2010), ao efetuar o estudo sobre as variações espaciais e temporais da batimetria do canal, verificou o predomínio da acresção sedimentar, entre 2007 e 2009, no setor que compreende a Enseada da Baleia e a foz do Ararapira. A análise descreve também a ação erosiva na margem côncava que formaria

⁵ Comunicação obtida junto aos barqueiros do Ariri.

⁶ Destaca-se também a contribuição do quadrante sul-sudoeste para as velocidades de 8, 10 m/s e o intervalo entre 10 e 14 m/s que perfazem, respectivamente, 10,5%, 8,6% e 15,7% do total.

⁷ A foz do rio Varadouro está por volta de 20 km da antiga Barra do Ararapira.

a nova Barra do Ararapira. A autora conclui que o processo de abertura do Canal do Varadouro pode se relacionar às alterações morfológicas que somente agora começaram a ser percebidas.

Verifica-se, assim, que o fator essencial no rompimento do bloqueio arenoso na foz do Canal do Ararapira são os fluxos mais incisivos das correntes de maré vazantes, resultados da passagem de sistemas frontais e do aprisionamento de água no sistema lagunar. Dessa forma, no momento em que a passagem dessas massas atmosféricas causa o aumento da precipitação, ganha importância também o fluxo fluvial. As modificações nos sistemas de escoamento fluvial podem interferir na concentração e na intensidade desse fluxo no Ararapira.

Oportuno incluir outra condicionante na análise dos processos de alteração da morfodinâmica estuarina: a diferença entre o horário da preamar e da sotamar na Barra do Ararapira, em comparação à Barra do Superagui, visto que esse aspecto pode favorecer o fluxo unidirecional advindo do canal artificial no ciclo de vazante. Os dados das tábuas de marés apontam que em Cananeia a preamar ocorre num período anterior se comparado a Paranaguá. Por outro lado, a sotamar de Paranaguá precede a de Cananeia. Assim, pode-se estimar o mesmo ciclo para as barras de Superagui e a de Ararapira.

Conforme se mencionou, o ecossistema estuarino se estabelece, sobretudo, pela dinâmica das marés. É fundamental o papel desse mecanismo nas modificações morfológicas dos canais. No entanto, não se pode negligenciar a ação dos fluxos hídricos continentais como corresponsável na morfodinâmica estuarina, acrescenta-se também a sua importância na variação da salinidade desses ambientes.

Processos morfofluviais

O papel exercido pela dinâmica das marés se aplica aos fluxos das águas continentais, principalmente no que diz respeito à influência na morfologia estuarina da Bacia do Varadouro.

Com a abertura do Canal do Varadouro, parte das suas águas, em certas ocasiões, passaram a ser escoadas para o canal artificial em direção à Baía dos Pinheiros, fato que, consequentemente, promoveu impactos na intensidade dos processos erosivos a sua jusante, especificamente, no Canal do Ararapira.

Mesmo não localizada no ambiente marinho, a foz da Bacia do Varadouro deve ser analisada como parte do equilíbrio estuarino. Este, por sua vez, caracteriza-se como um ecossistema de transição entre o continental e o marinho. Destaca-se também que o estuário padrão é sempre positivo, ou seja, a precipitação e a descarga fluvial são maiores que a evaporação.

Em relação à geomorfologia fluvial, Christofoletti (1980) descreve que a forma e o padrão dos canais se ajustam ao débito, aos sedimentos fornecidos pela bacia de drenagem e ao material rochoso que compõem as margens fluviais. A forma do canal reflete os ajustes aos débitos de determinada seção

transversal. O canal, em rios aluviais, é o resultado da ação imposta pelo fluxo hídrico nos materiais rochosos do leito e das margens. As suas dimensões são controladas pelo equilíbrio entre as forças erosivas de entalhamento e os processos deposicionais. Por consequência, o débito deve ter energia, frequência e duração suficientes para a realização do entalhamento e manter a forma do canal (Christofolletti, 1980).

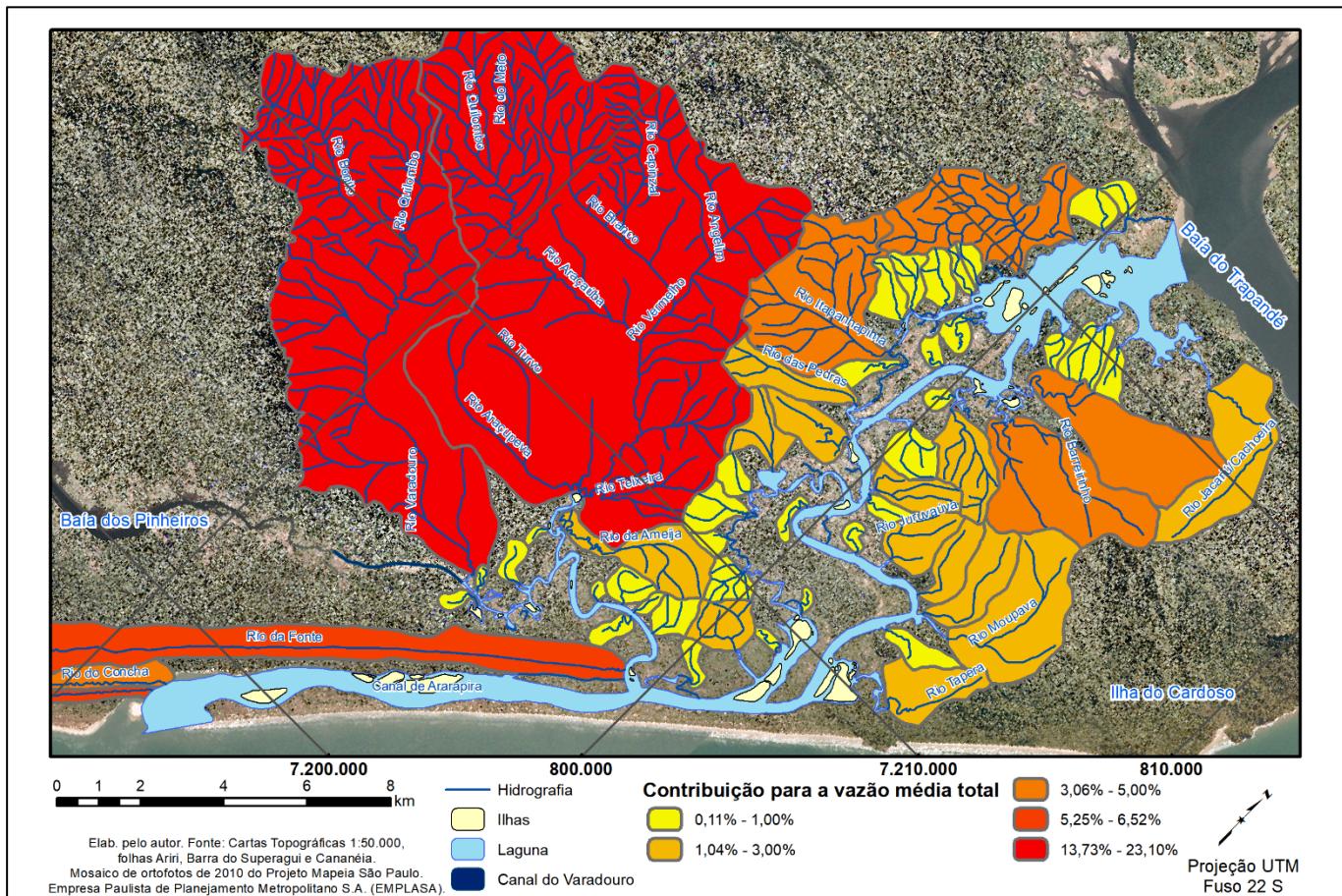
Apesar de o autor dispor tal premissa para os canais fluviais, entende-se que as premissas relacionadas ao equilíbrio ambiental se coligem às alterações morfodinâmicas ocorridas no mar de Ararapira. Diante desses pressupostos, Tessler (1988), ao preconizar sobre os fluxos predominantes nas desembocaduras lagunares, ressalta que suas características são semelhantes às fluviais junto à costa.

No setor entre a Ilha do Cardoso e a Ilha do Superagui, o Canal do Ararapira apresenta uma morfologia meandrante de baixa sinuosidade. Isso significa que os processos morfodinâmicos atuam similares ao padrão fluvial. Descreve-se, assim, a presença de margens côncavas erosivas e convexas deposicionais.

A abertura de uma nova conexão entre o Canal de Ararapira e o oceano ocorreu no trecho com maior potencial erosivo, ou seja, uma das margens côncavas do referido canal. Não há um ajustamento do perfil de equilíbrio do canal, consoante a definição clássica da geomorfologia fluvial. No entanto, ao analisar a dinâmica da vazão volumétrica em tanques, é possível corroborar com a hipótese de que a abertura do Canal do Varadouro influenciou no fluxo das águas no sistema.

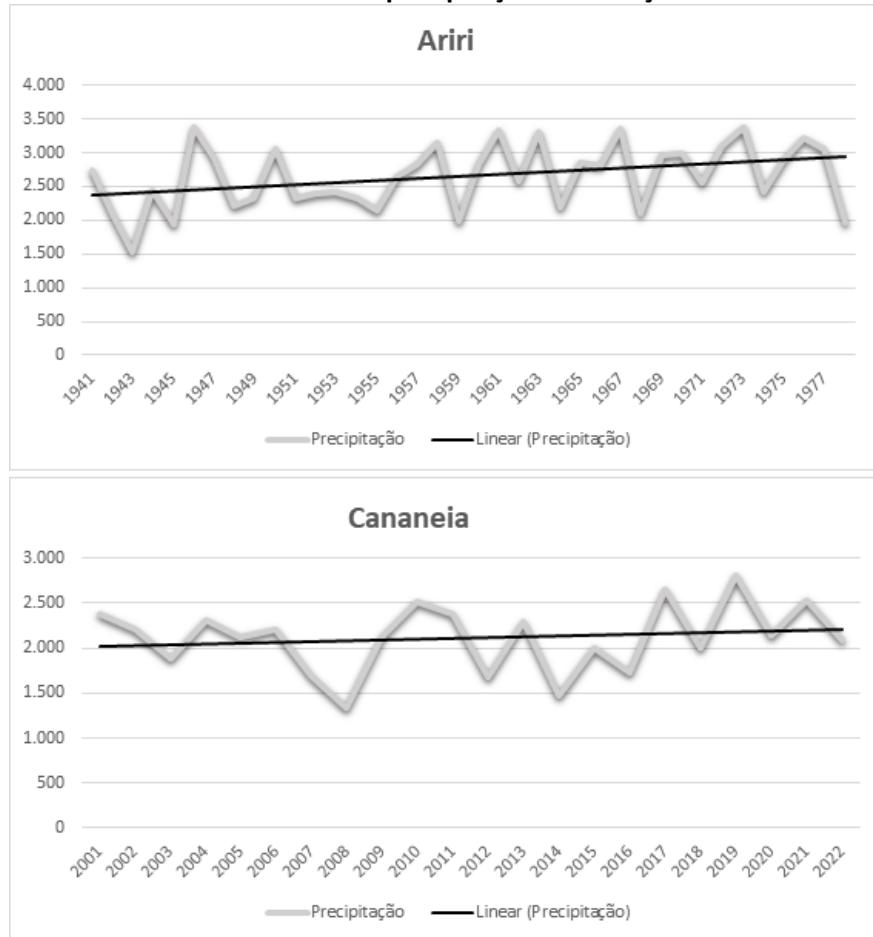
Angulo et al. (2019) calculou que o conjunto das bacias hidrográficas do setor estuarino do Ararapira perfaz a extensão de 221,6 km², com uma contribuição de *input* que pode variar de 6,6 a 9,1 m³/s de água doce no sistema. Para este trabalho, mensurou-se uma área total de 245,5 km² que, de acordo com os métodos descritos, apresentou uma vazão média aproximada de 2,3 m³/s. Nesse contexto, estimou-se que as bacias do Araçaúba e a do Varadouro contribuem com, respectivamente, 23,10% e 13,73% na participação da vazão média por metro cúbico por segundo no conjunto dos canais fluviais do estuário (Figura 5). Isso significa que mais de um terço das águas fluviais chega ao Ararapira advindas dessas duas bacias. Com isso, qualquer ação que implique na alteração nesse fluxo hídrico impacta nos processos morfológicos que ocorrem no canal estuarino nas adjacências de sua desembocadura.

Figura 5: Participação das bacias hidrográficas na vazão média total



Por meio da representação gráfica dos dados das séries históricas de precipitação das estações meteorológicas do Ariri e de Cananeia, é possível verificar, segundo a progressão da reta de tendência das médias anuais, o aumento dos valores médios da temática em questão (Figura 6).

Figura 6: Gráfico dos totais anuais de precipitação das estações de Ariri e de Cananeia



Fonte: Elaborado pelo autor. Dados dos pluviômetros do DAEE-SP e do INMET.

A análise dos gráficos, ao considerar os períodos distintos em cada estação, consubstancia o acréscimo dos valores médios da variável para o contexto regional. Tal informação sustenta o argumento que preconiza a contribuição do parâmetro na alteração da intensidade dos processos morfodinâmicos, pois ocasionou a entrada de uma maior quantidade de água no estuário, não somente pela precipitação direta, como também pelas bacias de drenagem que deságuam no sistema lagunar.

Nova Barra do Ararapira

O solapamento da margem côncava do Canal de Ararapira ocorreu da base para o topo, conforme exemplifica a Figura 7. A deposição desses sedimentos ocorreu a jusante, o que contribuiu para o processo de assoreamento no trecho próximo à desembocadura. Todavia, a abertura da nova barra se relacionou, conforme as previsões, às condições de instabilidade atmosférica que dinamizaram ações morfodinâmicas costeiras de alta intensidade no ambiente de praia.

Figura 7: Intensificação do processo erosivo no setor côncavo do Canal de Ararapira



Fonte: Registro fotográfico do autor (dezembro de 2012).

A Figura 8 apresenta o histórico das imagens de satélite da área da Enseada da Baleia, no período de 2013 a 2021. Destaca-se que o processo se consolidou em agosto de 2018, após a atuação de um sistema frontal dinamizado pela mPa que estabeleceu um ciclo de marés meteorológicas, as quais erodiram o esporão arenoso pela frente praial, lado oposto ao setor côncavo do canal. Angulo et al. (2009), ao prognosticar sobre a previsão de abertura da referida barra, descreveu que a ocorrência de eventos de alta energia na região por meio de ondas maiores, associadas à maré meteorológica, iriam forçar a passagem das águas oceânicas sobre o esporão arenoso e permitir o estabelecimento de um canal permanente de comunicação entre o mar e o estuário. Percebe-se o aumento gradativo da largura da nova foz do canal, em razão do predomínio da morfodinâmica oceânica. Tal processo erodiu a área da antiga comunidade, onde se estabeleceu o ciclo erosivo e deposicional, condicionado pelas correntes de deriva litorânea e pelos fluxos de marés.

Figura 8: Desenvolvimento morfodinâmico da Enseada da Baleia

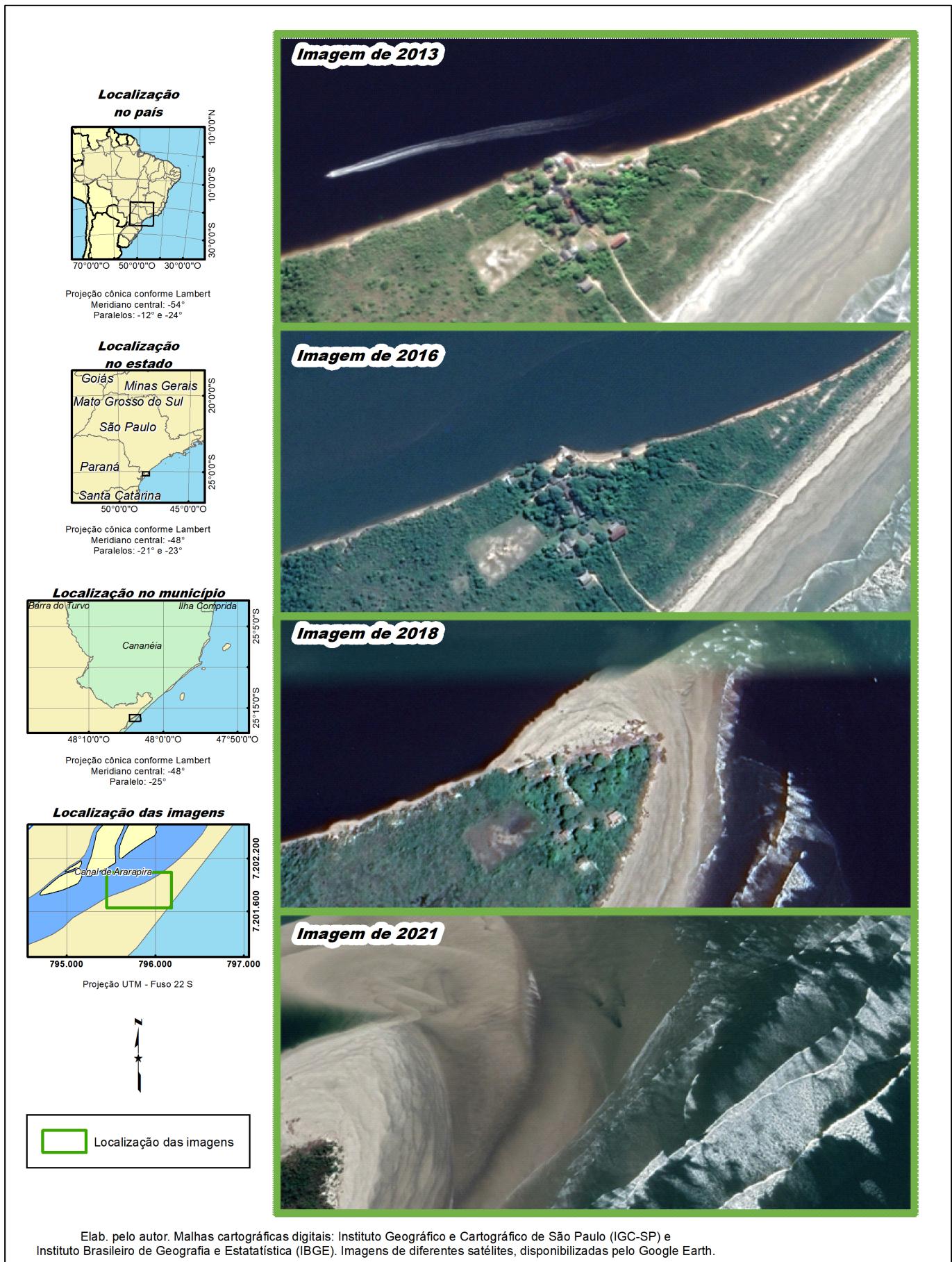
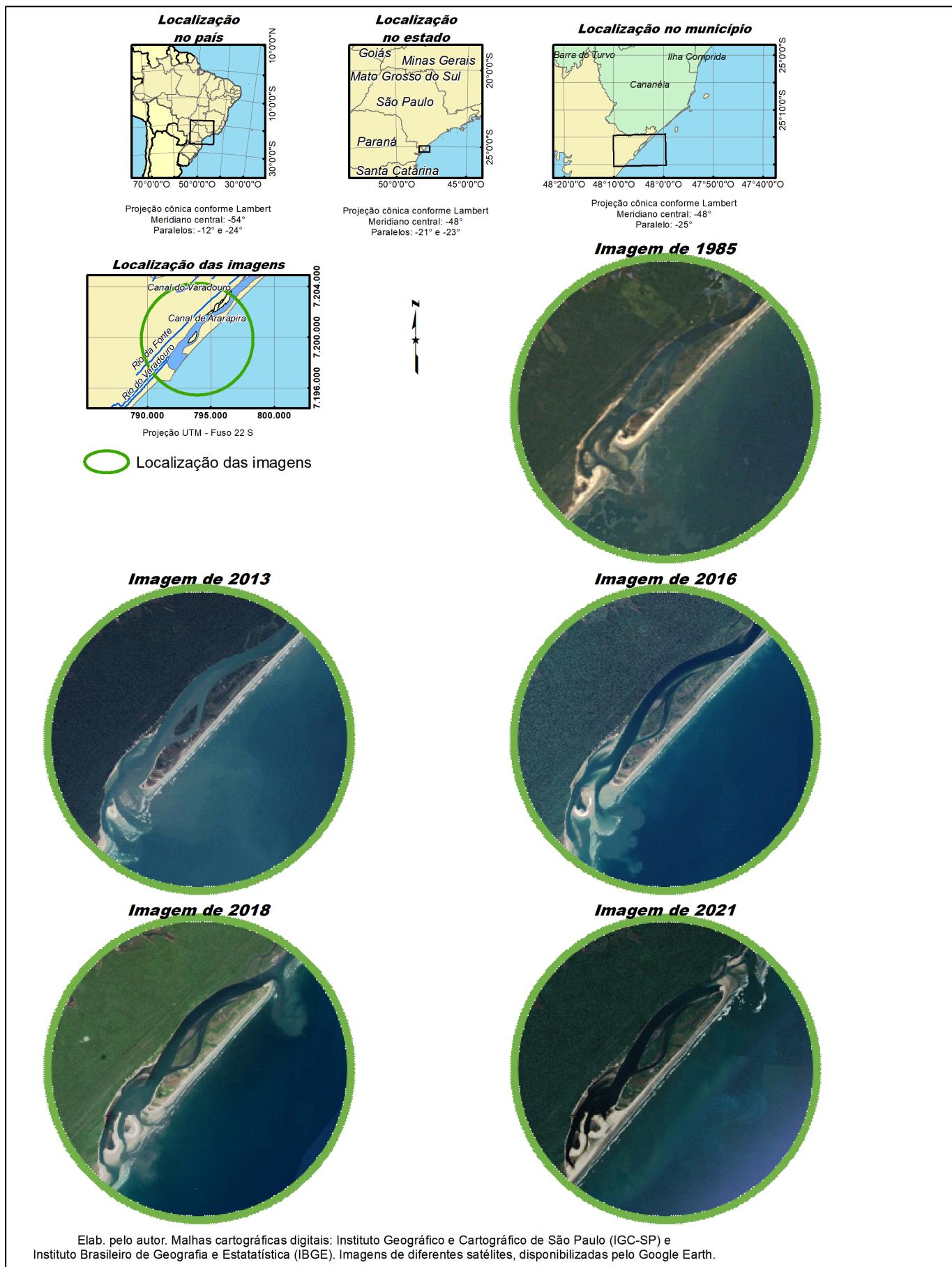


Figura 9: Desenvolvimento morfodinâmico do Canal de Ararapira



Na Figura 9, em menor escala, as imagens de satélite no período 1985 a 2021. Destacam-se a deposição e a língua sedimentar, decorrente de uma menor intensidade do fluxo vazante, em 1985, o aumento da deposição sedimentar, em 2016, e o processo de assoreamento do trecho que compreende a nova e a antiga Barra do Ararapira, entre 2018 e 2021.

Mihály e Angulo (2002) prognosticaram que o fechamento da antiga Barra do Ararapira provocaria transformações nos componentes hidrológicos do estuário, sobretudo, em função da diminuição drástica da velocidade das correntes entre a nova e a antiga barra, o que propiciará o assoreamento do local. Tais afirmações corroboram com o pressuposto de que a abertura do Canal do Varadouro ocasionou o rearranjo dos processos morfogenéticos.

A nova comunicação do estuário com o oceano no Canal do Ararapira se estabeleceu entre os dias 27 e 28 de agosto de 2018. A intensificação dos processos morfomarininhos, naquele período, decorreu da ação erosiva da maré de sizígia, potencializada pelo deslocamento de uma massa de ar polar. Ressalta-se que o momento do rompimento foi a preamar, entre 15h e 17h. Naquela circunstância, o marégrafo do IOUSP registrou uma baixa-mar de - 0,01m, às 9:23 do dia 27, e uma preamar, às 15:58 do mesmo dia, de 1,6m. No dia posterior, às 16:36, a preamar também foi de 1,6m, o que culminou com a erosão do perfil de praia na região descrita⁸.

Salienta-se que o processo erosivo no trecho côncavo foi potencializado pelas atividades náuticas no canal. No setor, que é geomorfologicamente instável, a ação energética das ondas, geradas pela movimentação das embarcações que trafegam no canal, intensificou o processo erosivo. No entanto, desde o final de 2014, o Catamarã Maratayama passou a fazer passeios turísticos no Canal de Ararapira, cujo resultado foi o aumento da ação erosiva naquela margem, pois a embarcação, se comparada às demais, possui uma maior potência do motor e atinge maiores velocidades. Junta-se a esse episódio, o ocorrido em fevereiro de 2015: a embarcação efetuou uma parada não autorizada na comunidade da Enseada da Baleia. O local já contava com ações preventivas estabelecidas pelos moradores para a contenção da intensificação erosiva do perfil arenoso. A forte correnteza impôs uma maior dificuldade para o atracamento da embarcação, o que culminou num conjunto de manobras e no acionamento da alta potência do motor. Isso fez com que as ondas deslocassem 20 metros de sedimentos, o que provocou o desmoronamento de habitações, construções e de um antigo jambolão (*Syzygium cumini*), consequências que resultaram numa Ação Civil Pública (ACP) contra o município de Ilha Comprida, mantenedor do catamarã (DPESP, 2016).

⁸ Sem ocorrência do evento atmosférico, a preamar de sizígia é de 1,4m.

Conclusões

A abertura do Canal do Varadouro, em 1950, influenciou na dinâmica dos processos morfológicos no Canal Ararapira. A descarga fluvial, as correntes de marés e a componente eólica são importantes variáveis no equilíbrio ambiental regional. O estuário se configura como tal em razão da interação desses mecanismos morfodinâmicos. Assim, qualquer ação que comprometa a ação energética e distribuição dos materiais sedimentares pressupõe a alteração do dinamismo estuarino, sobretudo, em parâmetros como salinidade, densidade dos corpos d'água, deposição sedimentar, intensidade erosiva e fluxos das correntes de marés.

A variação do volume hídrico no ambiente lagunar advém da precipitação, da vazão fluvial e dos ciclos de maré. Propõe-se que a capacidade de transporte de sedimento através da foz pode ter diminuído a partir do estabelecimento do Canal do Varadouro, pois desvia parte do volume de água para a Baía dos Pinheiros, fato que tende a provocar a diminuição da velocidade das correntes de vazante.

Observa-se que as correntes de maré possuem intensidades energéticas distintas. A ação erosiva das vazantes é de maior intensidade. Essa corrente também possui a função de carregar sedimentos para fora do estuário. No entanto, qualquer alteração na sua intensidade pode ocasionar o gradativo processo de acresção sedimentar no Canal de Ararapira, principalmente, no setor entre a foz do rio do Varadouro e a sua desembocadura. Deve-se considerar que o canal artificial intensificou os ciclos de erosão e de deposição no Ararapira, o que contribuiu para um novo equilíbrio ambiental e modificações na morfologia estuarina.

A abertura do Canal do Varadouro desencadeou o gradativo aumento das taxas de deposição sedimentar na desembocadura do Ararapira, juntamente, com o aumento da intensidade erosiva, principalmente, nos setores côncavos e a consequente diminuição da capacidade de suas águas para transportar os sedimentos para o sistema marinho. Os efeitos da alteração da dinâmica hídrica erosiva na restinga do Ararapira ocorreram no setor mais estreito da língua sedimentar da Ilha do Cardoso. Destaca-se que a abertura da nova barra decorreu da ação combinada da maré de sizígia e atmosférica, fator que potencializou a ação energética no lado oposto ao setor côncavo erosivo do Canal de Ararapira. Importante considerar, além do aporte e diminuição hídrica, a diferença temporal dos ciclos de maré quando se compara a foz do Ararapira e a do Superagui.

A abertura do Canal do Varadouro alterou a dinâmica hídrica no estuário. Convém incluir na análise os princípios expostos pelo Teorema de Torricelli. Teoricamente, temos um tanque com dois orifícios para a vazão volumétrica, representado pelas desembocaduras das barras do Ararapira e de Cananeia. Por um lado, verifica-se a influência na velocidade dos fluxos de maré de vazante, visto que o volume de água

passa a contar com três “vertedouros”, Ararapira, Trapandé e Varadouro, os quais passaram a subdividir o escoamento hídrico para o oceano. O tempo da maré vazante passou a ser menor, além de ocorrer a provável diminuição da ação energética das águas na foz do Ararapira que resultou no aumento gradual da deposição sedimentar no local. Por outro lado, em condições atmosféricas específicas, a força energética eólica é capaz de transportar as águas da Baía dos Pinheiros para a jusante da bacia do Varadouro. Há, assim, o aumento do volume das águas no estuário advindo do canal artificial. No contexto geral, o sistema fluviolagunar tende a buscar um novo equilíbrio em razão da abertura de uma nova comunicação com o oceano, em uma das regiões côncavas mais suscetíveis aos processos erosivos, a região da Enseada da Baleia.

Não se trata aqui de fazer uma valoração se a abertura do canal não deveria ocorrer em determinado momento histórico, visto que poderia facilitar a comunicação hidroviária entre os dois estados. No entanto, cabe apontar que qualquer ação num ambiente altamente suscetível como um complexo estuarino lagunar, traz consequências ao, naturalmente, instável ambiente, o que resulta em consequências econômicas, sociais e políticas, conforme demonstra os impactos ambientais negativos da abertura do Canal do Valo Grande.

As ações antropogênicas neste ambiente estuarino, além de modificar a dinâmica pesqueira regional, contribuíram para a intensificação dos processos erosivos em certos setores, o que demandou o deslocamento de um assentamento humano. Acrescenta-se que o assoreamento da antiga foz do Canal do Ararapira provocou também a alteração do marco geográfico natural que delimitava estados, municípios e unidades de conservação.

Referências

- AB'SÁBER, A. N. *Litoral do Brasil/Brasilian coast*. (Trad. Charles Holmquist). São Paulo: Metalivros, 2005. 281p
- DPESP. Defensoria Pública do Estado de São Paulo. **Ação Civil Pública: Direitos fundamentais da comunidade tradicional da Enseada da Baleia**. São Paulo: DPESP, 2016. 84p
- ALMEIDA, A. P. de. Memória histórica sobre Cananéia. **Revista de História**, [S. I.], v. 22, n. 45, p. 191-237, mar. 1961. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9141.rh.1961.120200>
- ANGULO, R. J. Morfologia e gênese das dunas frontais do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v.23, n. 1, p. 68-80, mar. 1993.
- ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C.; MÜLLER, M. E. Previsão e consequências da abertura de uma nova barra no Mar do Ararapira, Paraná-São Paulo, Brasil (Forecast and consequences of a new inlet opening at Mar do

Ararapira, Southern Brazil). **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 1, n. 2, p. 67-72, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5380/abequa.v1i2.14577>

ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C.; SIELSKI, L. H.; NOGUEIRA, R. A. MÜLLER, M. E. J. Morphology, bedforms and bottom sediments of Mar do Ararapira, southern Brazil (Morfologia, formas de leito e sedimentos de fundo do Mar do Ararapira, sul do Brasil). **Quaternary and Environmental Geoscience**, v. 10, n. 1, p. 01-09, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5380/abequa.v10i1.59468>

BESNARD, W. Considerações gerais em torno da região lagunar de Cananéia-Iguape. **Boletim do Instituto Paulista de Oceanografia**, v. 1, n. 2, p. 3-28, 1950. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-42391950000100003>

CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980. 188p

NOGUEIRA, R. A. **Caracterização batimétrica no Mar de Ararapira, na divisa litorânea dos estados do Paraná e São Paulo, Brasil**. Monografia de graduação em Oceanografia. Universidade Federal do Paraná, 2010. 71p

MIHÁLY, P. ANGULO, R. J. Dinâmica da desembocadura do corpo lagunar do Ararapira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n. 2, p. 217-222, jun. 2002.

MIYAO, S. Y.; HARARI, J. Estudo preliminar da maré e das correntes de maré da região estuarina de Cananéia (25°S - 48°W). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 37, n. 2, p. 107-123, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0373-55241989000200003>

OERTEL, G. F. Ebb-tidal deltas of Estuaries. In: CRONIN, L. E. **Estuarine research. Volume II: Geology and engineering**. New York: Academic press, 1975, p. 267-276. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-197502-9.50021-6>

RODRIGUES, M. R. da C. O canal do Varadouro. **Revista de História**, [S. I.], v. 19, n. 40, p. 473-508, dez. 1959. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9141.rh.1959.119807>

SÃO PAULO. SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICO E SANEAMENTO. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. São Paulo: DAEE, 2005, 116p

SUGUIO, K., MARTIN, L., BITTENCOURT, A. C. S. P., DOMINGUEZ, J. M. L., FLEXOR, J., AZEVEDO, A. E. G. de. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, n. 4, p. 273-86, ago. 1985.

TESSLER, M. G. **Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista.** Tese de doutoramento em Paleontologia e Estratigrafia. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, 1988, 296p