

ASSOREAMENTO FLÚVIO-ESTUARINO E REORGANIZAÇÃO TERRITORIAL NA FOZ DO AMAZONAS: O CANAL DO GURIJUBA/AP

Orleno Marques da Silva Junior¹ Maxwell Moreira Baia^{1,2} Daímio Chaves Brito³ Daginete Maria Chaves Brito⁴

¹Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA). E-mail: orleno@ppe.ufrrj.br

²Universidade do Estado do Amapá (UEAP). E-mail: maxwmoreirabaia.mmb@gmail.com

³Universidade do Estado do Amapá (UEAP). E-mail: daimio.brito@ueap.edu.br

⁴Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). E-mail: dagnete@uol.com.br

Resumo

O canal do Gurijuba, localizado no setor estuarino da foz do rio Amazonas, no estado do Amapá, vem apresentando intenso processo de assoreamento, comprometendo a navegabilidade e a conectividade territorial das comunidades ribeirinhas do Arquipélago do Bailique. Este estudo analisou a evolução morfológica do canal entre 1992 e 2025 e avaliar suas implicações socioespaciais. Para isso, foram utilizadas imagens Landsat, processadas por meio do índice NDWI, limiarização automática (OTSU) e vetorização em ambiente SIG, complementadas por validação em campo com levantamentos por drone e sobrevoo aéreo. As mudanças espaciais foram quantificadas pelo método do polígono de mudança. Os resultados revelaram predominância de processos de acreção (4.849 ha) em relação à erosão (1.419 ha), indicando tendência de colmatção progressiva e redução da capacidade hidráulica do canal. A elevada carga sedimentar do rio Amazonas, associada ao regime de macromarés e à expansão de vegetação pioneira de mangue, tem favorecido a deposição sedimentar e a diminuição da lâmina d'água navegável. Áreas críticas, como o entorno da comunidade do Livramento, apresentam perda funcional acentuada, ampliando o isolamento territorial e dificultando o acesso a serviços essenciais. Os resultados evidenciam a necessidade de estratégias de monitoramento e planejamento adaptativo voltadas à gestão da zona costeira amazônica.

Palavras-chave: Amapá. Arquipélago do Bailique. Comunidades ribeirinhas.

FLUVIAL-ESTUARINE SILTATION AND TERRITORIAL REORGANIZATION AT THE MOUTH OF THE AMAZON: THE GURIJUBA CHANNEL/AP

Abstract

The Gurijuba channel, located in the estuary sector of the Amazon River mouth in the state of Amapá, has been experiencing intense silting, compromising navigability and the territorial connectivity of riverside communities in the Bailique Archipelago. This study analyzed the morphological evolution of the channel between 1992 and 2025 and evaluated its socio-spatial implications. For this purpose, Landsat images were used, processed using the NDWI index, automatic thresholding (OTSU), and vectorization in a GIS environment, complemented by field validation with drone surveys and aerial overflights. Spatial changes were quantified using the polygon of change method. The results revealed a predominance of accretion processes (4,849 ha) compared to erosion (1,419 ha), indicating a trend of progressive silting and reduction of the channel's hydraulic capacity. The high sediment load of the Amazon River, associated with the macrotidal regime and the expansion of pioneer mangrove vegetation, has favored sediment deposition and a decrease in navigable water depth. Critical areas, such as the surroundings of the Livramento community, show a marked functional loss, increasing territorial

isolation and hindering access to essential services. The results highlight the need for monitoring strategies and adaptive planning focused on the management of the Amazonian coastal zone.

Keywords: Amapá. Bailique Archipelago. Riverside communities.

SELTACIÓN DE RÍOS Y ESTUARINOS Y REORGANIZACIÓN TERRITORIAL EN LA DESEMBOCADURA DEL AMAZONAS: EL CANAL DE GURIJUBA/AP

Resumen

El canal de Gurijuba, ubicado en el sector estuarino de la desembocadura del río Amazonas en el estado de Amapá, ha experimentado una intensa sedimentación, comprometiendo la navegabilidad y la conectividad territorial de las comunidades ribereñas en el archipiélago de Bailique. Este estudio analizó la evolución morfológica del canal entre 1992 y 2025 y evaluó sus implicaciones socioespaciales. Para ello, se utilizaron imágenes Landsat, procesadas mediante el índice NDWI, umbralización automática (OTSU) y vectorización en un entorno SIG, complementadas con validación de campo mediante levantamientos con drones y sobrevuelos aéreos. Los cambios espaciales se cuantificaron mediante el método del polígono de cambio. Los resultados revelaron un predominio de los procesos de acreción (4.849 ha) en comparación con la erosión (1.419 ha), lo que indica una tendencia de sedimentación progresiva y reducción de la capacidad hidráulica del canal. La elevada carga de sedimentos del río Amazonas, asociada al régimen macromareal y la expansión de la vegetación pionera de manglares, ha favorecido la deposición de sedimentos y la reducción de la profundidad navegable. Las zonas críticas, como los alrededores de la comunidad de Livramento, muestran una marcada pérdida funcional, lo que incrementa el aislamiento territorial y dificulta el acceso a servicios esenciales. Los resultados resaltan la necesidad de estrategias de monitoreo y planificación adaptativa para la gestión de la zona costera amazónica.

Palabras clave: Amapá. Archipiélago de Bailique. Comunidades ribereñas

INTRODUÇÃO

A costa amazônica destaca-se como uma das regiões costeiras de maior energia do planeta, caracterizada por elevada descarga de águas continentais, intenso aporte de sedimentos, forte interação entre processos fluviais, oceânicos e atmosféricos e ampla diversidade de ambientes, como estuários, manguezais, planícies de maré, ilhas, florestas de várzea e sistemas deltáicos. Essa combinação de forçantes naturais confere à região elevada sensibilidade e instabilidade morfológica, refletindo-se em rápidas mudanças na configuração da paisagem costeira e flúvio-estuarina ao longo do tempo (Souza-Filho et al, 2011; Dosseto; Schaller, 2016; Anthony et al, 2021).

Os processos morfodinâmicos que atuam na costa estuarina amazônica são controlados, sobretudo, pela ação integrada das marés, correntes, ondas e variações sazonais do regime hidrológico, resultando em padrões complexos de acreção, erosão e reorganização de canais flúvio-estuarinos. Estudos recentes têm evidenciado que essas dinâmicas exercem influência direta sobre a hidrodinâmica, a qualidade da água, a dispersão de sedimentos e contaminantes e a evolução geomorfológica dos canais, com impactos significativos sobre os usos e funções do território (Abreu et al, 2020; Santos et al, 2018; Cunha et al, 2021; Crizanto et al, 2024).

No setor estuarino da Zona Costeira do Amapá, particularmente no Arquipélago do Bailique, situado entre as fozes dos rios Gurijuba e Araguari, esses processos assumem caráter ainda mais intenso. Trata-se do trecho de maior instabilidade morfológica da costa amapaense, marcado por ambientes fluviomarinheiros, planícies costeiras de baixa altitude, elevado aporte sedimentar fluvial, presença de paleocanais colmatados e forte influência da salinidade, especialmente durante os períodos de menor descarga do rio Amazonas. Nesse contexto, intensificam-se processos de erosão, assoreamento, abertura e fechamento de canais, com efeitos diretos sobre a configuração da paisagem e a funcionalidade do sistema hidrográfico (Baia; Silva Junior, 2025).

Entre os canais que estruturam a circulação fluvial regional, o do Gurijuba desempenha papel estratégico ao conectar comunidades do Bailique ao continente e aos principais centros urbanos. Contudo, nas últimas décadas, o canal vem apresentando acentuado processo de assoreamento e estreitamento progressivo de seu leito, associado à formação de bancos sedimentares e planícies de maré colonizadas por vegetação pioneira. Esse processo tem reduzido significativamente a navegabilidade, comprometendo a mobilidade fluvial e a conectividade territorial, além de afetar o acesso das populações ribeirinhas a serviços essenciais, como saúde, educação e abastecimento (Baia; Silva Junior, 2025).

Apesar da relevância desses impactos, observa-se uma lacuna na literatura quanto à integração entre análises geomorfológicas e a discussão sobre suas implicações territoriais e sociais, especialmente no que se refere à mobilidade fluvial e à transformação funcional de comunidades ribeirinhas em contextos de assoreamento crônico. Compreender essa relação é fundamental para subsidiar estratégias de adaptação territorial, gestão costeira e planejamento público em regiões estuarinas amazônicas sujeitas a rápidas mudanças ambientais.

O presente artigo tem como objetivo analisar o processo recente de assoreamento e estreitamento do canal do Gurijuba, na foz do rio Amazonas, e discutir suas implicações para a mobilidade fluvial, a conectividade territorial e as estratégias de adaptação das comunidades ribeirinhas no estuário do Baixo Amazonas.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

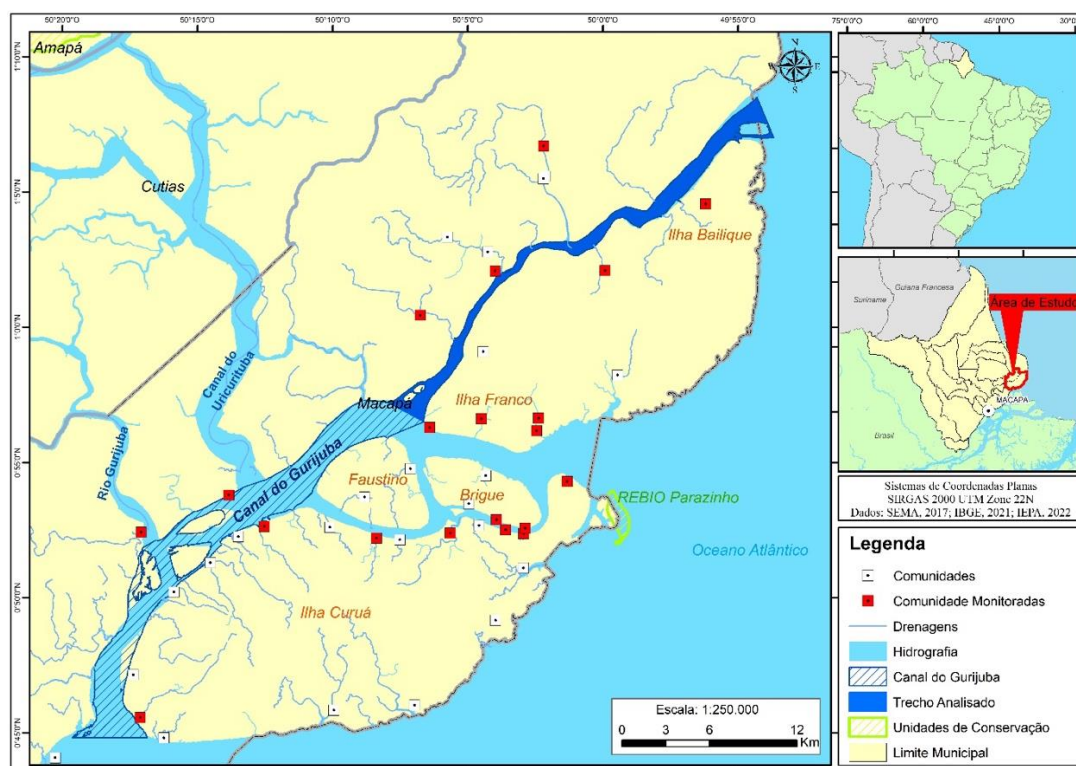
A área de estudo se localiza no setor estuarino da foz do rio Amazonas, no Estado do Amapá, abrangendo o canal do Gurijuba e seu entorno imediato, no Arquipélago do Bailique. Esse sistema flúvio-estuarino se insere em um contexto de elevada complexidade hidrodinâmica, marcado pela interação entre descarga fluvial, regime de macromarés e circulação costeira, características amplamente reconhecidas para a região amazônica (Abreu et al, 2020; Less et al, 2021; Santos et al, 2018). O canal do Gurijuba constitui um importante eixo de circulação e conectividade territorial, desempenhando papel estratégico na mobilidade fluvial e na integração entre as ilhas costeiras e o continente (Figura 1).

Observa-se na Figura, que o canal do Gurijuba separa o continente das ilhas do Bailique e do Franco, conectando-se a uma rede de canais secundários, igarapés e braços fluviais que estruturam a hidrografia regional. A Ilha do Bailique, situada a leste do canal, apresenta maior

extensão territorial e concentra parte significativa das comunidades ribeirinhas, enquanto a Ilha do Franco, localizada a sudoeste, caracteriza-se por ocupações mais dispersas e forte dependência da navegação fluvial como principal meio de acesso e circulação. Essa configuração espacial reflete a organização típica de sistemas flúvio-estuarinos amazônicos, nos quais os canais exercem função estruturante do território.

A zona costeira amapaense é diretamente influenciada por forçantes naturais de grande magnitude, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), ventos alísios e o sistema de dispersão do rio Amazonas. O estuário amazônico apresenta elevada precipitação anual, variando regionalmente e interanualmente entre 2.100 e 3.700 mm, podendo chegar a 4.000 mm/ano ao longo do litoral do Amapá e próximo à foz do rio Amazonas (Fisch; Marengo; Nobre, 1998; Souza; Cunha, 2010). Os meses mais chuvosos são os de dezembro a maio e os mais secos os de junho a novembro.

Figura 1: Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

A ocupação humana na área de estudo ocorre predominantemente sobre ambientes de planície fluvio-marinha de baixa altitude, sujeitos à influência direta das marés e a variações hidrológicas sazonais. Esses ambientes incluem manguezais, planícies de maré e áreas alagáveis, que condicionam o uso do solo, os padrões de assentamento humano e as atividades produtivas locais. Ao longo do canal do Gurijuba e de seus canais associados distribuem-se diversas comunidades ribeirinhas, entre as quais se destacam Livramento do Bailique, Arraiol,

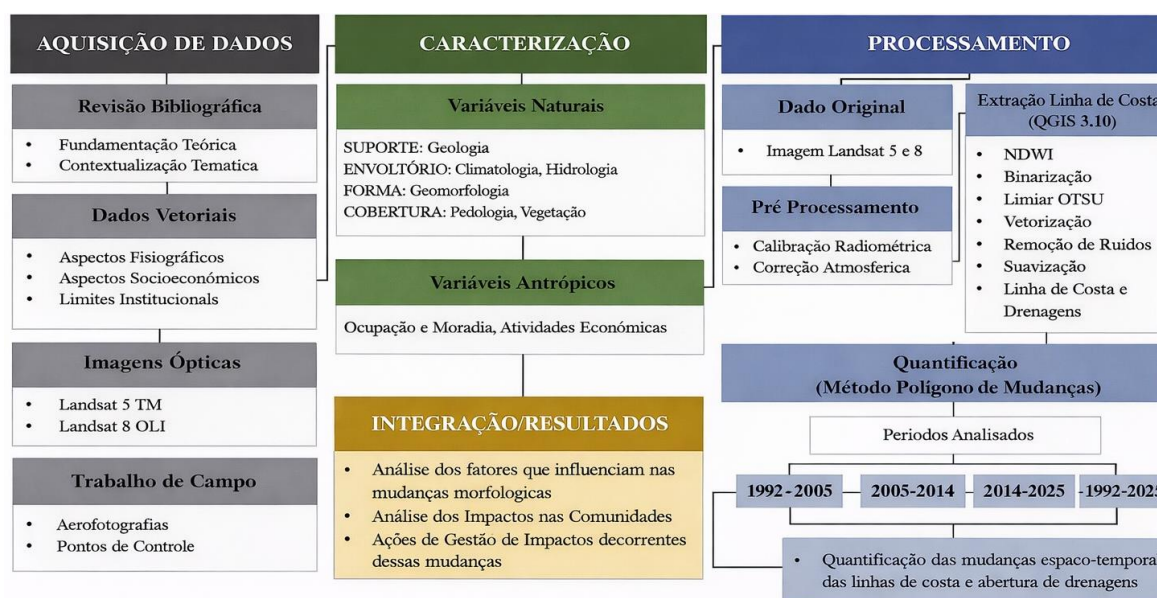
Vila Maranata, Equador, Filadélfia, Santo Antônio, Monte das Oliveiras, São Pedro, Boa Esperança, Franco Grande, Cristo Rei, Franquinho e Freguesia.

2.2 Materiais e Métodos

A metodologia adotada neste estudo se fundamenta na abordagem integrada de análise geomorfológica e territorial aplicada ao baixo setor costeiro estuarino do Estado do Amapá, incorporando atualização do recorte temporal até o ano de 2025 e adequações específicas ao contexto do canal do Gurijuba (Baia; Silva Junior, 2025). Essa abordagem combina técnicas de sensoriamento remoto, aerofotogrametria, trabalhos de campo e geoprocessamento, permitindo a análise da evolução espacial dos canais flúvio-estuarinos e sua relação com a mobilidade fluvial e a organização territorial.

O procedimento metodológico foi estruturado em quatro eixos principais: (i) aquisição de dados, (ii) caracterização ambiental, (iii) processamento e extração de feições espaciais e (iv) integração e análise dos resultados, conforme fluxograma metodológico (Figura 2). Para a análise multitemporal, foram utilizadas imagens orbitais da série Landsat, provenientes dos sensores TM (Landsat 5) e OLI (Landsat 8), obtidas junto ao United States Geological Survey (USGS), selecionadas de modo a representar diferentes períodos temporais e minimizar interferências associadas à cobertura de nuvens e às variações do nível de maré.

Figura 2: Fluxograma metodológico da pesquisa



Fonte: elaborado pelos autores (2026)

A escolha das imagens considerou critérios, como: baixa nebulosidade, condições de maré alta no momento da aquisição (de modo a reduzir variações na detecção das margens em áreas de planície de maré) e utilização de produtos Landsat Nível 2 (L2), que apresentam calibração radiométrica e correção atmosférica adequadas para análises multitemporais (Roy et al, 2014; Dwyer et al, 2018). O controle das condições de maré foi realizado a partir da

verificação da data e horário de aquisição das imagens em relação às tábuas de maré disponibilizadas pela Marinha do Brasil.

O processamento das imagens foi realizado em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o software QGIS. A extração das feições flúvio-estuarinas se baseou na aplicação do Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI), derivado das bandas do verde e do infravermelho próximo, técnica amplamente utilizada para realçar corpos d'água em imagens multiespectrais (McFeeters, 1996). A partir do NDWI, procedeu-se à binarização das imagens por meio do método de limiarização automática OTSU (OTSU, 1975), seguida das etapas de vetorização, remoção de ruídos, suavização geométrica e correção manual das feições extraídas.

O índice de NDWI é derivado das bandas do infravermelho próximo (NIR) e do verde. É usado para realçar a água em imagens multiespectrais, facilitando a distinção entre terra e água do mar (McFeeters, 1996). Foram usadas as bandas 2 e 4 do Landsat-5 e as bandas 3 e 5 do Landsat-8, onde o valor de reflectância TOA da banda verde e da banda NIR é mais adequada no cálculo do NDWI, comparando com os Números Digitais (DN) brutos, o NDWI pode ser calculado diretamente como:

$$NDWI_{Landsat\ 5} = \frac{(band\ 2 - band\ 4)}{(band\ 2 + band\ 4)} \quad NDWI_{Landsat\ 8} = \frac{(band\ 3 - band\ 5)}{(band\ 3 + band\ 5)}$$

A limiarização é o método de fusão de NDWI e binarização de imagem, é uma técnica conceitualmente simples que usa um histograma para segmentar imagens, neste estudo utilizou-se o método de segmentação limiar (OTSU, 1975). Estudos recentes vêm usando essa técnica para mapear mudanças em áreas costeiras a partir de imagens Landsat em análise temporal (Luijendijk et al, 2018). No QGIS 3.10.1 esse processo é feito usando o plugin Plugin Binarization Threshold.

Neste plugin foram realizados inúmeros testes e para auxiliar na identificação da transição foi usado como geoindicador a linha de vegetação de mangue adulta, que permanece invariável independente da condição de maré, considerando que a vegetação de manguezal constitui um dos melhores ambientes para análise espacial de ambientes costeiros a partir de sensores remotos orbitais (Souza-Filho; Paradella, 2003; Fromard et al, 2004; Souza-Filho; Martins; Costa, 2006). Os limiares que apresentaram resultados mais próximos da transição da área seca e úmida estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Valores dos Limiares Adotados para Detecção de Borda

SENSOR		LANDSAT 5		LANDSAT 8	
ANO	1985	1992	2005	2014	2025

VALOR DO LIMIAR	Upper: 1,0000	Upper: 1,0000	Upper: 1,0000	Upper: 1,0000	Upper: 1,0000
	Lower: - 0.1764	Lower: - 0,1652	Lower: - 0,1666	Lower: - 0.1009	Lower: - 0,0551

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Para a suavização foi utilizado um filtro gaussiano 1D devido a necessidade de reduzir a escala e vislumbrar melhor as modificações tendo em vista a resolução espacial do sensor (Mcmaster; Shea, 1992). A quantificação das mudanças foi feita com o método polígono de mudança, que representa uma alternância de regiões que estão sofrendo o processo de erosão ou acreção, fornecendo valores dos deslocamentos dos segmentos costeiros (Smith; Cromley, 2012; Albuquerque et al, 2013).

Como geoindicador auxiliar para a delimitação da transição entre áreas submersas e emersas, utilizou-se a linha de vegetação, considerada um elemento relativamente estável e apropriado para análises espaciais em ambientes costeiros tropicais (Souza-Filho; Paradella, 2003; Fromard et al, 2004; Souza Filho et al, 2006). A quantificação das mudanças espaciais foi realizada por meio do método do polígono de mudança, que permite identificar áreas sujeitas a deslocamentos laterais dos canais e margens ao longo do tempo (Smith; Cromley, 2012; Albuquerque et al, 2013).

Os trabalhos de campo desempenharam papel fundamental na validação das informações obtidas por sensoriamento remoto. Foram realizados levantamentos em diferentes períodos, com destaque para sobrevoos com veículos aéreos não tripulados (drones) nos anos de 2022 e 2024, os quais possibilitaram o registro de imagens de alta resolução espacial dos trechos mais críticos do canal do Gurijuba e de suas áreas de influência direta. Em 2024, esses levantamentos foram complementados por sobrevoos de helicóptero, realizado em parceria com a Defesa Civil do Estado do Amapá, ampliando a cobertura espacial e o detalhamento visual das feições flúvio-estuarinas e das áreas ocupadas pelas comunidades ribeirinhas.

A integração dos dados orbitais, aerofotogramétricos e de campo foi realizada em ambiente SIG, permitindo a sistematização das informações espaciais e a análise comparativa da evolução do canal do Gurijuba ao longo do período analisado. Essa abordagem metodológica possibilitou a identificação de padrões espaciais relevantes e forneceu subsídios técnicos para a interpretação das relações entre dinâmica flúvio-estuarina, mobilidade fluvial e reorganização territorial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

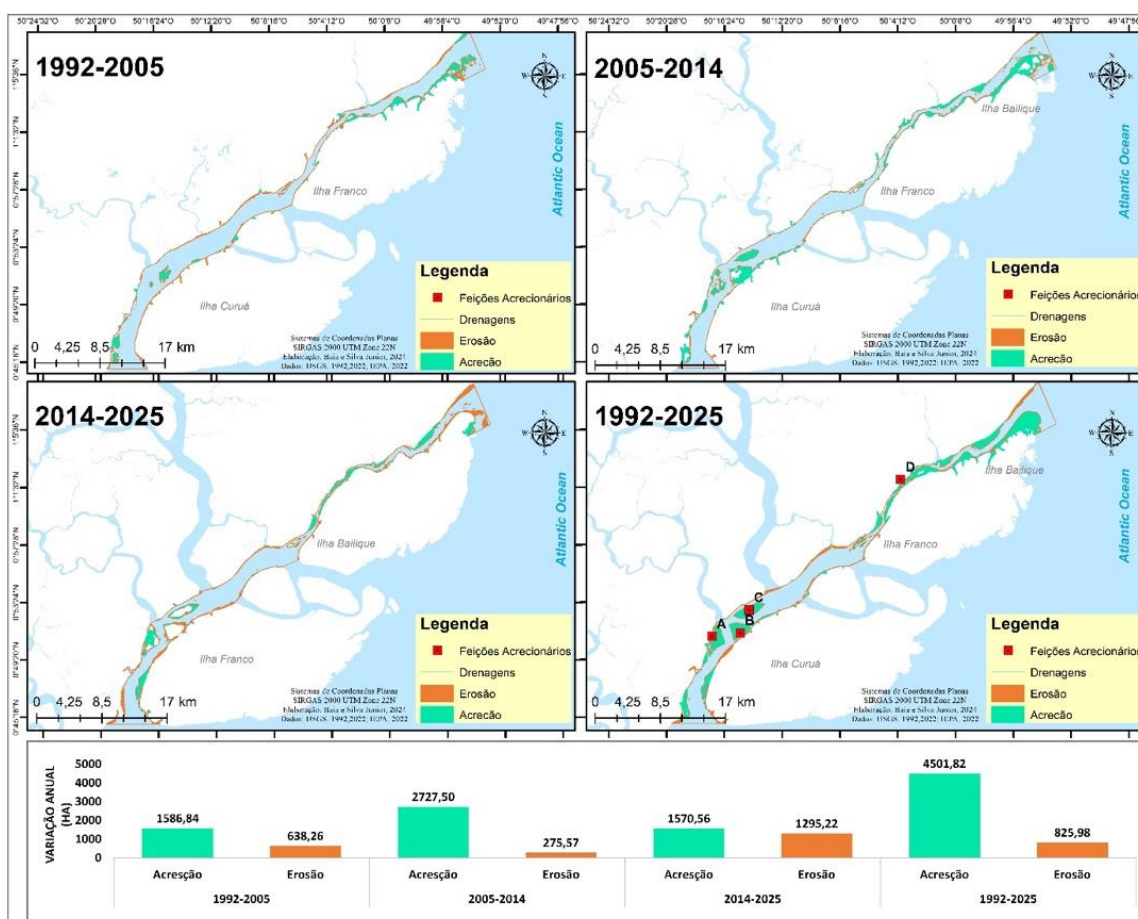
Neste item é apresentado a integração dos resultados empíricos e sua interpretação, articulando processos físicos, impactos funcionais e implicações territoriais e sociais. Destacando-se que o canal do Gurijuba está localizado na foz do rio Amazonas, separando o continente das ilhas do Franco e do Bailique, em um contexto flúvio-estuarino marcado pela intensa interação entre forçantes oceânicas, fluviais e atmosféricas. Trata-se de um sistema altamente dinâmico, inserido em uma região caracterizada por elevada descarga sedimentar do

rio Amazonas, que despeja diariamente entre $8,64 \times 10^8$ e $1,73 \times 10^9$ kg de sedimentos em sua foz, promovendo contínuos processos de transporte, redistribuição e deposição (Less et al., 2021). Esse contexto estabelece as condições físicas fundamentais para as mudanças morfológicas observadas no canal do Gurijuba.

3.1 Evolução morfológica e processos do assoreamento no canal do Gurijuba

O Canal do Gurijuba, a partir da análise temporal evidência, ao longo das últimas décadas, processo contínuo e progressivo de assoreamento, associado à formação e expansão de bancos sedimentares e planícies de maré (Figura 3). As observações indicam que, no período de 1992 a 2005, os processos de acresção já se mostravam predominantes, totalizando aproximadamente 1.586 ha, enquanto a erosão alcançava cerca de 638 ha.

Figura 3: Distribuição espacial dos processos de erosão e acresção no canal do Gurijuba (1992-2005, 2005-2014, 2014-2025) e síntese 1992-2025 e valores de variação espacial



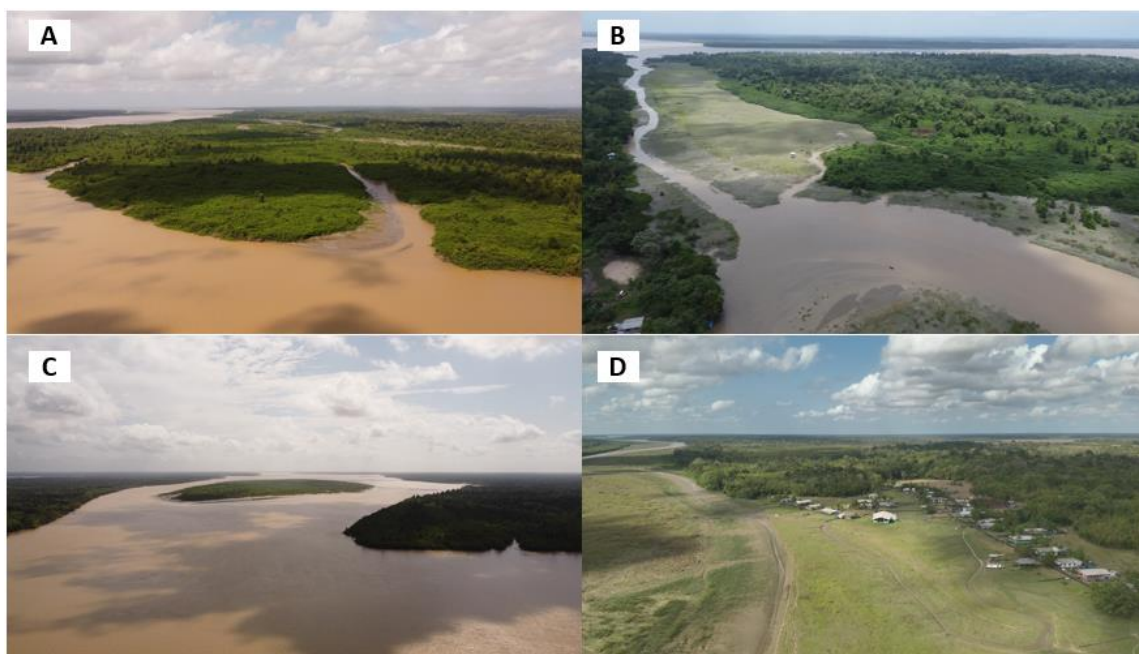
Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Entre 2005 e 2014, observa-se intensificação desse padrão, com valores de acreção da ordem de 2.727 ha e erosão em torno de 275 ha. No intervalo mais recente, de 2014 a 2025, embora os processos erosivos apresentem aumento (aproximadamente 1.295 ha), a acreção permanece predominante, com cerca de 1.570 ha. Considerando o período total de análise (1992-2025), os dados consolidados indicam a predominância dos processos de acreção, que atingem aproximadamente 4.501 ha, enquanto a erosão totaliza cerca de 825 ha.

Esse balanço espacial reforça a interpretação de que o canal do Gurijuba e seu entorno imediato estão inseridos em um contexto regional de progradação e colmatção progressiva, em consonância com os padrões identificados para o baixo setor costeiro estuarino do Amapá por Baia e Silva Junior (2025).

Pode-se identificar longo de todo o canal do Gurijuba quatro feições geomorfológicas principais, os quais evidenciam a dinâmica sedimentar presente na região e que é responsável por remodelar a paisagem e os ambientes da região. A Figura 4 expõe os seguintes cenários: A e B - Bancos lamosos em estágio avançado de sucessão vegetal conectados ao continente e a ilha Curuá, respectivamente, C - Bancos lamosos consolidados e D - trecho do canal do Gurijuba totalmente assoreado em frente a comunidade do Livramento.

Figura 4: Feições Acrecionárias no canal do Gurijuba

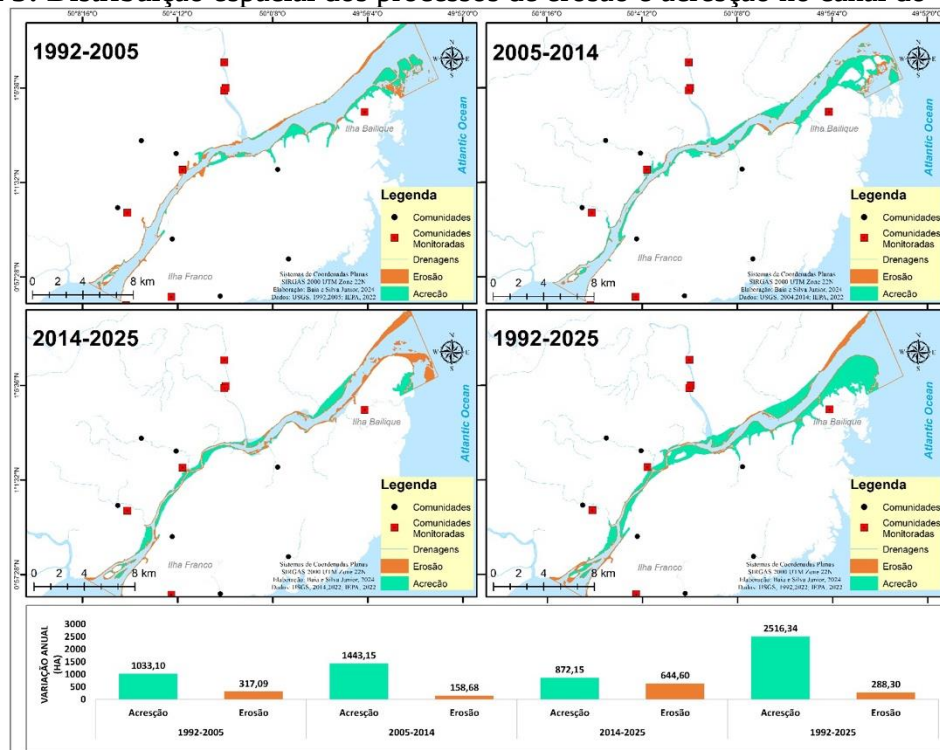


Fonte: Acervo dos autores (2026)

No plano espacial, essas áreas de acreção se concentram, principalmente, ao longo das margens do canal e nas ilhas do Franco e do Bailique, associadas à formação de planícies de

maré e barras sedimentares, enquanto os setores erosivos tendem a ocorrer de forma mais localizada. Para estas ilhas foi feito um recorte espacial do canal no trecho que atualmente está conectado ao continente (Figura 5), para os períodos de 1992-2005, 2005-2014, 2014-2025 e síntese 1992-2025, com respectivos valores de variação espacial.

Figura 5: Distribuição espacial dos processos de erosão e acreção no canal do Gurijuba



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Neste recorte se observa que os processos de acreção predominaram em todos os intervalos analisados, totalizando, entre 1992 e 2005, aproximadamente 1.033 ha, enquanto a erosão alcançava cerca de 317 ha. Entre 2005 e 2014, houve a intensificação desse padrão, com valores de acreção da ordem de 1.443 ha e erosão em torno de 158 ha. No intervalo mais recente, de 2014 a 2025, o padrão se manteve com expressivos 817 ha de acreção, e cerca de 644 ha de áreas erodidas. O período total de análise (1992-2025), os dados consolidados indicam a predominância dos processos de acreção, que atingem aproximadamente 2.516 ha, enquanto a erosão totaliza cerca de 280 ha.

Os processos controladores desse assoreamento estão diretamente relacionados à elevada disponibilidade de sedimentos finos, ao regime de macromarés e à redistribuição dos fluxos fluviais e estuarinos na foz do Amazonas. Modelagens hidrodinâmicas realizadas para o estuário do Baixo Amazonas demonstram que a circulação residual, os tempos de residência da água e a interação entre correntes de maré e descarga fluvial exercem papel fundamental na

retenção e deposição de sedimentos em canais secundários e áreas de menor energia hidráulica (Abreu et al, 2020; Santos et al., 2018; Less et al., 2021). No caso do canal do Gurijuba, essas condições favorecem a deposição contínua de sedimentos ao longo do leito, resultando no estreitamento progressivo da seção hidráulica e na redução da lâmina d'água navegável, conforme observado nos levantamentos de campo e aerofotogramétricos.

A sazonalidade climática regional atua como fator modulador adicional desses processos. Durante o período chuvoso, o aumento da vazão fluvial intensifica o aporte sedimentar e os processos erosivos a montante, enquanto, nos períodos de estiagem, a redução da descarga favorece a deposição de sedimentos finos, a intrusão salina e a diminuição da energia hidráulica nos canais estuarinos (Curtis, 2019; Felix Neto et al, 2021; Guedes et al, 2024). Essa alternância sazonal contribui para a complexidade dos padrões espaciais e temporais de erosão e acresção identificados na Figura 2.

Outro elemento-chave no processo de assoreamento do canal do Gurijuba é a rápida colonização vegetal das planícies de maré e dos bancos lamosos recém-formados, como mostra a Figura 6, obtida a partir de sobrevoo com drone, em 2022 e sobrevoo aéreo em parceria com a Defesa Civil do Estado do Amapá, em 2024. Percebe-se que a disponibilidade de sedimentos e nutrientes, aliada às condições hidrodinâmicas e ao regime de salinidade, favorece o estabelecimento de vegetação pioneira de mangue, que atua como agente estabilizador das feições sedimentares, promovendo a retenção adicional de sedimentos e acelerando o estreitamento do canal (Chapman, 1976; Odum, 1988; Fromard et al., 2004).

Figura 6: Barras sedimentares e colonização por vegetação pioneira de mangue (*Avicennia* spp.) em ambiente flúvio-estuarino do canal do Gurijuba



Fonte: Acervo dos autores (2022)

Esse mecanismo de retroalimentação entre sedimentação e vegetação é amplamente reconhecido em ambientes flúvio-estuarinos tropicais e tem sido identificado como um dos principais responsáveis pela colmatção progressiva de canais secundários na Amazônia (Baia; Silva Junior, 2025).

No contexto regional, as mudanças observadas no canal do Gurijuba se inserem em um quadro mais amplo de reorganização morfológica do baixo setor do rio Araguari e da foz do Amazonas, onde são recorrentes processos de abertura e fechamento de canais, captura fluvial

e progradação de margens (Restrepo; Kettner, 2012; Santos et al, 2018). Assim, o assoreamento do Gurijuba não deve ser interpretado como um fenômeno isolado, mas como parte de uma dinâmica regional de redistribuição de fluxos e sedimentos.

A integração dos dados cartográficos, dos resultados quantitativos apresentados na Figura 6 e dos registros de campo, incluindo sobrevoos por drones e helicóptero, reforça a interpretação de que o estreitamento contínuo do canal do Gurijuba resulta da atuação combinada de fatores hidrossedimentares, climáticos e biogeoquímicos. Essa evolução morfológica compromete progressivamente a funcionalidade do canal enquanto via de circulação fluvial, constituindo a base física sobre a qual se estruturam os impactos territoriais e sociais.

3.2 Redução da navegabilidade e seus impactos nas comunidades afetadas

A predominância dos processos de acreção, especialmente nas margens do canal e nas ilhas do Franco e do Bailique, resulta no estreitamento contínuo da seção hidráulica, restringindo a navegação a janelas de maré cada vez mais curtas e imprevisíveis. Esse processo compromete a funcionalidade do canal enquanto via natural de circulação fluvial, sobretudo para embarcações de pequeno porte, que dependem de profundidades mínimas e condições hidrodinâmicas mais estáveis.

A identificação de trechos críticos ao longo do canal, observável na distribuição espacial das áreas de acreção indica setores onde a navegação se torna inviável durante grande parte do ciclo de maré. Essa perda funcional está associada à redistribuição dos fluxos fluviais e estuarinos, ao regime de macromarés e à elevada disponibilidade de sedimentos finos na foz do Amazonas, conforme demonstrado por estudos hidrodinâmicos e hidrossedimentares realizados no estuário do Baixo Amazonas (Abreu et al, 2020; Less et al, 2021; Santos et al, 2018). No caso do Gurijuba, a colmatção progressiva do leito não representa um fenômeno pontual, mas um processo estrutural que redefine a conectividade hidrográfica regional.

O canal do Gurijuba historicamente atuou como principal infraestrutura natural de transporte entre as comunidades do Arquipélago do Bailique, o continente e os núcleos populacionais de maior porte, como Vila Progresso (no arquipélago do Bailique) e cidade de Macapá. O comprometimento da navegabilidade tem intensificado o isolamento territorial das comunidades ribeirinhas, aumentando significativamente o tempo, o custo e o risco dos deslocamentos. Essa condição afeta de forma particularmente sensível o acesso a serviços essenciais, com destaque para o atendimento em saúde, uma vez que a principal Unidade Básica de Saúde (UBS) de referência para a região encontra-se localizada na Vila Progresso.

A comunidade do Livramento, configura-se como o núcleo mais diretamente impactado pelo processo de assoreamento do canal do Gurijuba. Trata-se de um adensamento populacional composto por aproximadamente 22 famílias, cuja mobilidade depende crescentemente das marés mais altas para viabilizar o deslocamento fluvial. O estreitamento progressivo da seção hidráulica e a redução da profundidade do canal têm restringido a navegabilidade, permitindo a passagem apenas de embarcações de pequeno porte. Essa condição tem sido recorrente e amplamente registrada em levantamentos técnicos e relatos locais, sendo divulgada de forma

continua nos últimos anos, em função do agravamento do isolamento territorial e das limitações impostas à circulação fluvial.

A Figura 7, registrada a partir do sobrevoo (2022) e sobrevoo aéreo (2024), ilustra a intensificação do processo de assoreamento no entorno da comunidade do Livramento entre outubro de 2022 e outubro de 2024. A comparação temporal das imagens evidencia a redução significativa da lâmina d'água do canal adjacente à comunidade, acompanhada pela expansão de superfícies emersas associadas a bancos sedimentares e planícies de maré.

Figura 7: Evolução morfológica recente no entorno da comunidade do Livramento



Fonte: Acervo dos autores (2022)

Em 2022, observa-se um canal relativamente contínuo e funcional, embora já estreitado, enquanto em 2024 o sistema se apresenta fortemente colmatado, com a transformação do antigo leito em feições rasas e descontínuas, muitas delas expostas mesmo durante marés intermediárias, evidenciando o processo contínuo de assoreamento e colmatação do canal do Gurijuba entre outubro de 2022 e outubro de 2024.

Com o estreitamento e, em alguns trechos, o fechamento funcional do canal do Gurijuba, o deslocamento dos comunitários se torna cada vez mais limitado. A alternativa logística passa a ser o contorno do arquipélago do Bailique pelo setor mais externo, exposto diretamente à ação de ondas, ventos e à dinâmica oceânica da foz do Amazonas. Essa rota alternativa apresenta elevada periculosidade para embarcações pequenas e médias, que constituem o principal meio de transporte das populações locais, especialmente durante períodos de ventos mais intensos e mar agitado. A Figura 8, obtida por meio de sobrevoos com drone (2023) e em sobrevoo aéreo, parceria com Amapá Terras (2024) mostra as comunidades Filadélfia e Eluzay, locais em que os moradores têm seus deslocamentos cada vez mais limitado devido o processo contínuo de assoreamento e colmatação do canal do Gurijuba.

Figura 8: Comunidades Filadélfia e Eluzay



Fonte: Acervo dos autores (2022)

Percebe-se que o fechamento progressivo do canal, não apenas dificulta, mas em muitos casos inviabiliza, o acesso seguro e regular a atendimentos médicos, situações de urgência e remoções de pacientes. Observando-se agravamentos da vulnerabilidade socioespacial das comunidades ribeirinhas, uma vez que a perda de conectividade fluvial compromete o acesso a políticas públicas básicas e amplia as desigualdades territoriais.

Estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), no contexto amazônico demonstram que a interrupção ou degradação das rotas hidrográficas tradicionais está diretamente associada ao agravamento da insegurança hídrica e alimentar, à dificuldade de acesso a serviços de saúde e à intensificação de processos de deslocamento populacional e êxodo forçado, sobretudo, entre populações ribeirinhas e comunidades tradicionais dependentes da mobilidade fluvial (Oliveira et al, 2023; EPE, 2023; UFAM, 2023).

Além dos impactos logísticos e funcionais, o assoreamento do canal do Gurijuba desencadeia transformações mais profunda, como por exemplo: a passagem de comunidades ribeirinhas, historicamente estruturadas em torno do rio, para comunidades progressivamente 'sem rio'. A perda do canal enquanto eixo organizador do território implica a ruptura de práticas culturais, econômicas e sociais vinculadas à mobilidade fluvial, à pesca, ao comércio local e às redes de sociabilidade. Essa transformação funcional do território evidencia que o assoreamento não constitui apenas um problema geomorfológico, mas um processo estruturante de reorganização territorial, cujos efeitos se refletem diretamente na qualidade de vida, na permanência das populações e no acesso a direitos básicos.

Dessa forma, a redução da navegabilidade do canal do Gurijuba, evidenciada pelos padrões espaciais e quantitativos apresentados na Figura 3, deve ser compreendida como um fator crítico de reorganização territorial e aumento da vulnerabilidade socioambiental. Muitas comunidades dependem indiretamente do canal do Gurijuba como eixo de mobilidade fluvial, uma vez que ele permite o encurtamento das distâncias de deslocamento e o acesso mais eficiente a centros de serviços e comércio. Comunidades localizadas ao longo do Igarapé Grande, bem como Maranata, Equador e Filadélfia, entre outras, utilizam o canal como rota fundamental para a circulação de pessoas, o transporte de mercadorias e o escoamento de produtos, de modo que a perda de sua funcionalidade compromete diretamente a dinâmica socioeconômica regional.

3.3 Limites das respostas emergenciais, territoriais e implicações para a gestão costeira

Como forma de tentar dar uma resposta, normalmente por parte do poder público há organização de campanhas de distribuição de alimentos, água e serviços assistências aos moradores. No entanto, esse importante trabalho de assistência tem que ir acompanhados com trabalhos de cunho científico e de consulta a população buscando mitigar o problema de forma mais abrangente pois são fenômenos fortemente ligadas as mudanças ambientais locais e globais cuja necessidade de adaptação é grande.

As alternativas de engenharia como é o caso de dragagens, apresentam limitações significativas quando implementadas sem o conhecimento aprofundado da dinâmica flúvio-estuarina local. Em sistemas de alta energia, como a foz do Amazonas, intervenções desse tipo, quando desprovidas de estudos prévios de hidrodinâmica, balanço sedimentar e forçantes atmosféricas e oceânicas, tendem a produzir efeitos temporários e, em alguns casos, a desencadear processos indesejáveis de redistribuição de sedimentos, intensificando o assoreamento em setores adjacentes ou a jusante da área dragada. Destaca-se que o cumprimento do trecho em questão é de cerca de 11 km, do Arraiol ao Livramento, 5 km e do livramento ao Igarapé Grande, 6 km. A seção lateral do canal apresenta trechos com até 500 metros de extensão, apresentando desafios para o processo de dragagem.

A ausência de análises integradas que considerem a direção e a intensidade das ondas, correntes, ventos e marés, bem como, a variabilidade sazonal da descarga fluvial, compromete a eficácia das dragagens e amplia o risco de recorrência do problema. Estudos realizados em estuários amazônicos demonstram que a circulação residual e os tempos de residência da água exercem papel determinante na retenção de sedimentos finos em canais secundários, de modo que a simples remoção mecânica do material depositado não altera os mecanismos físicos que controlam o processo de colmatção (Abreu et al, 2020; Less et al, 2021). Assim, dragagens executadas sem suporte em modelagens hidrodinâmicas e hidrossedimentares podem representar apenas um deslocamento espacial temporário do sedimento, sem resolver as causas estruturais do assoreamento.

Além disso, intervenções pontuais ignoram frequentemente a interação entre processos físicos e biológicos, como a rápida colonização por vegetação pioneira, que atua como agente estabilizador das feições sedimentares e acelera a redução da seção hidráulica dos canais. Sem o entendimento desses mecanismos de retroalimentação, ações corretivas se tornam recorrentes, onerosas e ambientalmente questionáveis, especialmente em áreas sensíveis do ponto de vista ecológico e social.

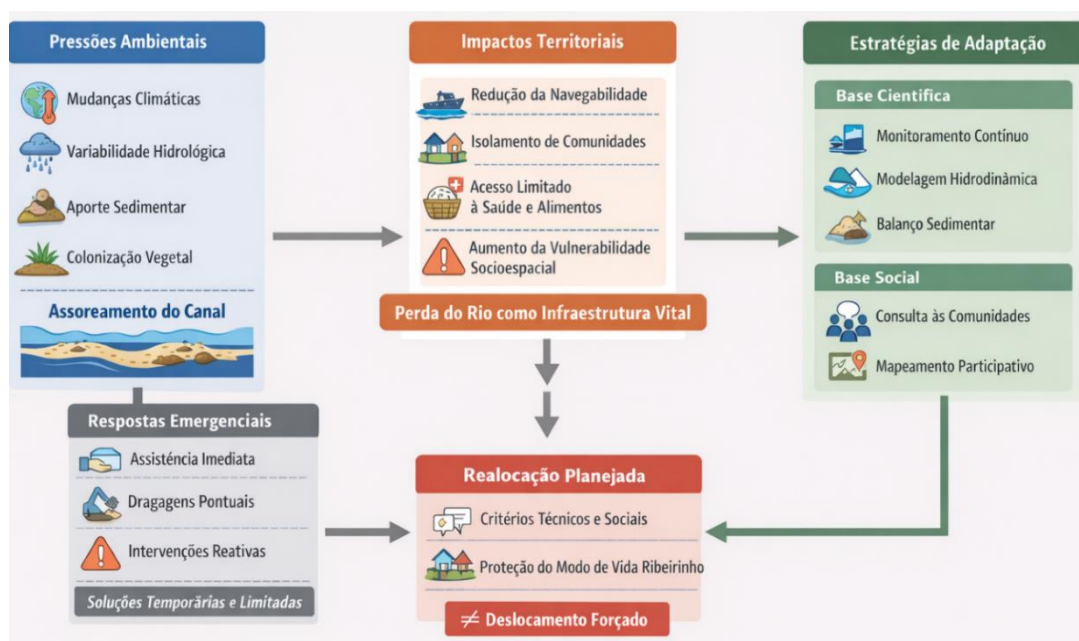
Nesse sentido, a adoção de estratégias de mitigação baseadas em evidências científicas se torna imprescindível. Isso inclui a realização de estudos integrados de hidrodinâmica, balanço sedimentar, regime de ondas, correntes e ventos, associados a programas contínuos de monitoramento e à aplicação de modelos numéricos capazes de simular cenários de intervenção. Apenas a partir desse conjunto de informações é possível avaliar a viabilidade técnica das dragagens, definir sua escala e periodicidade, ou mesmo concluir pela inadequação dessa solução em determinados contextos flúvio-estuarinos.

As estratégias de adaptação das comunidades ribeirinhas no estuário do Baixo Amazonas não podem ser compreendidas apenas como respostas pontuais a eventos extremos ou a processos ambientais isolados, mas como parte de um quadro mais amplo de adaptação às mudanças climáticas e às transformações hidrossedimentares de longo prazo (Figura 9). A intensificação de extremos hidrológicos, a elevação do nível do mar, a variabilidade da descarga fluvial e a reorganização morfológica dos sistemas estuarinos tendem a ampliar a frequência e a magnitude de impactos sobre a mobilidade (Silva Junior et al, 2022), a segurança alimentar e o acesso a serviços essenciais, exigindo políticas públicas orientadas por planejamento territorial adaptativo e de longo horizonte temporal.

Neste sentido, planos e políticas governamentais voltados à adaptação climática na Amazônia precisam reconhecer explicitamente o papel dos rios como infraestrutura essencial para as populações ribeirinhas e incorporar medidas que articulem ciência, gestão e justiça social. Isso inclui, fortalecimento de programas de monitoramento ambiental contínuo, integração de dados científicos aos instrumentos de ordenamento territorial e a coordenação entre políticas setoriais (como saúde, assistência social, transporte e defesa civil) de modo a reduzir a vulnerabilidade socioespacial das comunidades afetadas. Estratégias de adaptação baseadas apenas em ações emergenciais tendem a perpetuar a dependência assistencial e não enfrentam as causas estruturais da vulnerabilidade territorial.

Em cenários onde a perda funcional dos canais fluviais se mostra persistente ou irreversível, a literatura internacional tem discutido a realocação planejada (*planned relocation*) como uma das possíveis estratégias de adaptação às mudanças climáticas, distinguindo-a explicitamente de deslocamentos forçados. Organismos internacionais como a International Organization for Migration (IOM) e o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) ressaltam que a realocação só deve ser considerada quando outras alternativas de adaptação se mostram inviáveis, e deve ser conduzida com base em critérios técnicos, legais e sociais claramente definidos (IPCC, 2022; IOM, 2019).

Figura 9: Estratégias de adaptação territorial frente ao assoreamento em sistemas flúvio-estuarinos do Estuário do rio Amazonas



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Nesse sentido, qualquer processo de realocação de comunidades ribeirinhas deve ser construído a partir de ampla consulta às populações afetadas, utilizando metodologias participativas que permitam identificar percepções de risco, vínculos territoriais, práticas produtivas e redes de sociabilidade. Estudos sobre adaptação climática e planejamento territorial destacam que mapeamentos participativos e diagnósticos socioambientais co-produzidos com as comunidades são essenciais para incorporar saberes locais e orientar tomadas de decisão que preservem a mobilidade, o acesso a recursos e os modos de vida tradicionais (Reddy; Lewis, 2018).

Portanto, as estratégias de adaptação no estuário do Baixo Amazonas devem priorizar soluções que combinem mitigação dos impactos físicos, fortalecimento da resiliência social e planejamento territorial participativo. A realocação planejada, quando necessária, deve ser tratada como uma medida extrema e cuidadosamente estruturada, inserida em políticas públicas de adaptação climática mais amplas, que reconheçam os direitos das populações tradicionais e busquem preservar, na maior medida possível, suas relações históricas com o território e com o rio.

4 CONSIDERAÇÕES

Este estudo evidenciou que o assoreamento do canal do Gurijuba constitui um processo estrutural e persistente, inserido na dinâmica flúvio-estuarina de alta energia da foz do rio Amazonas. A análise integrada de dados multitemporais, levantamentos de campo e registros aerofotogramétricos demonstrou que a evolução morfológica do canal é controlada pela elevada disponibilidade de sedimentos oriundos principalmente do rio Amazonas e do rio Araguari, pela atuação do regime de macromarés e pela redistribuição dos fluxos fluviais e estuarinos. Esses fatores têm promovido a formação e expansão de bancos lamosos e planícies de maré,

resultando no estreitamento progressivo da seção hidráulica e na redução da navegabilidade do canal.

Os resultados indicam que o assoreamento não se distribui de forma homogênea ao longo do canal, destacando-se trechos críticos onde o processo é mais intenso, com impactos diretos sobre comunidades estratégicas, como o entorno da comunidade do Livramento, e sobre aquelas que dependem do canal Gurijuba como principal via de acesso à Vila Progresso e à cidade de Macapá. Nesses setores, o comprometimento da navegabilidade tem provocado o isolamento progressivo de comunidades ribeirinhas, ampliando o tempo, o custo e o risco dos deslocamentos, além de dificultar o acesso a serviços essenciais, especialmente o atendimento em saúde, concentrado em núcleos urbanos de maior porte.

A análise desenvolvida reforça que as respostas emergenciais e intervenções pontuais, como dragagens localizadas, apresentam eficácia limitada quando não fundamentadas em estudos integrados da dinâmica hidrodinâmica e hidrossedimentar. Em ambientes flúvio-estuarinos complexos como o da foz do Amazonas, a ausência de dados contínuos sobre correntes, balanço sedimentar, regime de ondas, ventos e marés aumenta significativamente o risco de recorrência do assoreamento e de efeitos indesejáveis decorrentes de intervenções mal dimensionadas. Dessa forma, ações de mitigação devem ser precedidas por programas de monitoramento de longo prazo e pela aplicação de modelagens numéricas capazes de subsidiar decisões técnicas mais seguras.

Do ponto de vista territorial, o assoreamento do canal do Gurijuba ultrapassa a dimensão geomorfológica e assume caráter reorganizador do espaço, ao comprometer a função do canal como infraestrutura natural de transporte e eixo estruturador do modo de vida ribeirinho. Esse processo desencadeia transformações profundas nas relações socioespaciais, configurando a transição de comunidades historicamente ribeirinhas para contextos de crescente desconexão com o rio, com implicações culturais, econômicas e identitárias relevantes.

O estudo aponta para a necessidade de estratégias integradas de adaptação e planejamento territorial, que articulem conhecimento científico, gestão pública e participação social. A discussão sobre realocação planejada de comunidades, quando necessária, deve ser conduzida de forma criteriosa, distinguindo-se de deslocamentos forçados e buscando preservar, na maior medida possível, os modos de vida e os vínculos territoriais das populações afetadas. Os resultados obtidos com o estudo das condições do canal do Gurijuba oferecem uma reflexão para a gestão adaptativa da zona costeira amazônica, sendo representativos de desafios enfrentados em outros sistemas flúvio-estuarinos da região e reforçando a importância de abordagens replicáveis, baseadas em ciência, para o enfrentamento de processos ambientais persistentes e socialmente sensíveis.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. H. M. et al. Hydrodynamic modeling and simulation of water residence time in the Estuary of the Lower Amazon River. **Water**, v. 12, p. 1–30, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339593171_Hydrodynamic_Modeling_and_Simulation_of_Water_Residence_Time_in_the_Estuary_of_the_Lower_Amazon_River. Acesso em: 20 jan. 2026.

ALBUQUERQUE, M. et al. Erosão ou variabilidade costeira: uma avaliação dos métodos DSAS e polígono de mudança para a determinação de processos erosivos em praias arenosas. *Jornal do litoral Pesquisa*, v. 65, n. Trago. 1710-1714, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/278192376_Erosion_or_Coastal_Variability_An_Evaluation_of_the_DSAS_and_the_Change_Polygon_Methods_for_the_Determination_of_Erosive_Processes_on_Sandy_Beaches. Acesso em: 20 jan. 2026.

ANTHONY, E. J. et al. Sustainable management, conservation, and restoration of the Amazon River Delta and Amazon-influenced Guianas coast: a review. **Water**, v. 13, n. 10, p. 1371, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/10/1371>. Acesso em: 20 jan. 2026.

BAIA, M. M; SILVA JUNIOR, O. M. Mudanças morfológicas no baixo setor costeiro estuarino e impactos socioambientais – Amapá: entre 1992 e 2022. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 26, n. 2, e2599, 2025. DOI: 10.20502/rbg.v26i2.2599. Disponível em: <https://share.google/Yb8e167kHq58q6lQA>. Acesso em: 20 jan. 2026.

CHAPMAN, V. J. **Mangrove vegetation**. Vaduz: J. Cramer, 1976.

CRIZANTO, J. L. P. et al. Modeling the impacts of sea-level rise scenarios on the Amazon River estuary. **Hydrology**, v. 11, n. 6, p. 86, 2024. DOI: 10.3390/hydrology11020086. Acesso em: 10 jun. 2025.

CUNHA, A. C. et al. Modeling pollutant dispersion scenarios in high vessel-traffic areas of the Lower Amazon River. **Marine Pollution Bulletin**, v. 168, p. 112404, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X21004380>. Acesso em: 08 jul. 2025.

CURTIS, S. Means and long-term trends of global coastal precipitation. **Scientific Reports**, v. 9, p. 5401, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-41878-8>. Acesso em: 20 ago. 2025.

DOSSETO, A; SCHALLER, M. The erosion response to Quaternary climate change quantified using uranium isotopes and in situ-produced cosmogenic nuclides. **Earth-Science Reviews**, v. 155, p. 60–81, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825216300149>. Acesso em: 20 ago. 2025.

DWYER, J. L. et al. Analysis ready data: enabling analysis of the Landsat archive. **Remote Sensing**, v. 10, n. 9, p. 1363, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/9/1363>. Acesso em: 30 set. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Aspectos sociais. Produto 7. Brasília: EPE, 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-914/Produto%207%20-%20Aspectos%20Sociais_vfinal%200311.pdf. Acesso em: 30 set. 2025.

FELIX NETO, J. C. et al. Impactos hidroclimáticos de curto prazo no padrão hidrodinâmico de rio estuarino amazônico - Amapá, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, p. 1–19, 2021. Disponível em:

<https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2021.001.0014>. Acesso em: 30 set. 2025.

FISCH, G; MARENGO, J; NOBRE, C. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, 1998. 28(2): p. 101-126. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/aa/a/NVRbNSn7P5z4hjtFNmMjLjx/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 set. 2025.

FROMARD, F. et al. Mangrove dynamics and sedimentation processes on the Amazon delta coast. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 60, p. 1–15, 2004.

GUEDES, J. N. et al. Influência sazonal na qualidade da água e salinização na foz do Rio Amazonas/AP. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, v. 16, p. 41–58, 2024. Disponível em:

<https://periodicos.unifap.br/planetaamazonia/article/view/387>. Acesso em: 30 set. 2025.

IOM. International Organization for Migration. **Planned Relocation, Disasters and Climate Change**. Geneva, 2019. Disponível em:

<https://www.iom.int/sites/g/files/tmzbd1486/files/documents/IOM-Global-Report-2019-Operations-and-Emergencies.pdf>. Acesso em: 15 set. 2025.

IPCC. Climate Change 2022: **Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 30 set. 2025.

LESS, D. F. S. et al. Hydrodynamic variability at the Amazon River mouth. **Journal of Coastal Research**, v. 37, p. 1181–1192, 2021.

LUIJENDIJK, A. et al. The State of the World's Beaches. **Sci Rep** 8, 6641 (2018).

<https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>. Acesso em: 30 set. 2025.

McFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 7, p. 1425–1432, 1996. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431169608948714>. Acesso em: 20 jun. 2025.

McMASTER, R. B; SHEA, K. S. **Generalization in Digital Cartography**. 1.ed. Washington: Association of American Geographers, 1992. 133p.

ODUM, W. E. Comparative ecology of tidal freshwater and salt marshes. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 19, p. 147–176, 1988. Disponível em:

<https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.es.19.110188.001051>. Acesso em: 20 jun. 2025.

OLIVEIRA, M. P. et al. Determinantes sociais e ambientais da saúde na Amazônia e suas implicações para políticas públicas. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 39, n. 7, e00123423, 2023. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/csp/a/cybjZ6mjH7hSHD4TRRWT7yp/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

OTSU, N. A threshold selection method from gray-level histograms. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v. 9, n. 1, p. 62–66, 1975. Disponível em:

https://engineering.purdue.edu/kak/computervision/ECE661.08/OTSU_paper.pdf. Acesso em: 20 jun. 2025.

REDDY, S; LEWIS, J. (eds.). **Community-Based Adaptation to Climate Change: Scaling it Up**. London: Routledge, 2018.

RESTREPO, J. D; KETTNER, A. Discharge diversion in a tropical delta. **Journal of Hydrology**, v. 424–425, p. 124–142, 2012. Disponível em:

<https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/e928ba43-9818-4425-9db3-ff32c25eaf6f/content>. Acesso em: 20 jun. 2025.

ROY, D. P. et al. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote Sensing of Environment**, v. 145, p. 154–172, 2014. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003442571400042X>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SANTOS, E. S. et al. The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta. **Science of the Total Environment**, v. 624, p. 887–899, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971733646X>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SANTOS, V. F. **Ambientes costeiros amazônicos: avaliação de modificações por sensoriamento remoto**. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2006. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/752390>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SILVA JUNIOR, O. M da; SZLAFSZTEIN, C; BAIA, M. M. Gestão de Riscos de Desastres no Arquipélago do Bailique, foz do rio Amazonas, Amapá, Brasil. In: Livro **Ensino de Geografia e Redução de Riscos**. São Paulo: AGB, 2022. p. 674-696. Disponível em:

<https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/EGRR2022/EGRR-2022-32.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SMITH, M. J; CROMLEY, R. G. Measuring historical coastal change using GIS and the change polygon approach. **Transactions in GIS**, v. 16, n. 1, p. 3–20, 2012. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-9671.2011.01292.x>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SOUZA-FILHO, P. W. M; MARTINS, E; COSTA, F. Using mangroves as a geological indicator of coastal changes in the Bragança macrotidal flat, Brazilian Amazon: a remote sensing data approach. **Ocean & coastal management**, 49(7-8), 462-475. 2006. Disponível

em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569106000639>. Acesso em: 03 mai. 2024.

SOUZA-FILHO, P. W. M.; PARADELLA, W. R. Use of synthetic aperture radar for recognition of coastal geomorphological features, Amazon coast. **Geomorphology**, v. 55, p. 1–18, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/rKzSjCFZnmwQB9smVv3hpKz/?lang=en>. Acesso em: 03 mai. 2024.

SOUZA-FILHO, P. W. M. et al. Discrimination of coastal wetland environments in the Amazon region based on multi-polarized L-band airborne SAR imagery. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 95, n. 1, p. 88–98, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272771411003490>. Acesso em: 03 mai. 2024.

SOUZA, E. B. de; CUNHA, A. C. da. Climatologia de precipitação no Amapá e mecanismos climáticos de grande escala. In: CUNHA, A. C. da; SOUZA, E. B. de; CUNHA, H. F. A. (org.). **Tempo, clima e recursos hídricos**: resultados do projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá: IEPA, 2010. cap. 10, p. 177-195. Disponível em: <http://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/418>. Acesso em: 03 mai. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS (UFAM). Pesquisa inédita estabelece relação entre insegurança hídrica e insegurança alimentar no Amazonas. Manaus: UFAM, 2023. Disponível em: <https://ufam.edu.br/noticias-destaque/5506-pesquisa-inedita-estabelece-relacao-entre-inseguranca-hidrica-e-alimentar-no-amazonas.html>. Acesso em: 19 jan. 2025.