



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



Análise multitemporal da dinâmica erosiva da ilha grande do tapará (Santarém, Pará) entre 1984 e 2020

José Renan da Silva Batista ¹, Carolina da Silva Gonçalves ², Milena Marília Nogueira de Andrade ³

¹ Engenheiro Cartógrafo e de Agrimensura. Universidade Federal Rural da Amazônia. Av. Tancredo Neves, nº 2501 –Terra Firme –Cep: 66.077-830 – Belém-PA. jrenanbatista@gmail.com ² Doutoranda em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Pará, UFPA. Av. Tancredo Neves, nº 2501 –Terra Firme –Cep: 66.077-830 –Belém-PA. linacrs@gmail.com ³ Docente na Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA e do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Rural da Amazônia. Av. Tancredo Neves, nº 2501 –Terra Firme –Cep: 66.077-830 –Belém-PA. milenamarilia.andrade@gmail.com

Artigo recebido em 03/11/2024 aceito em 13/06/2024

RESUMO

A compreensão da dinâmica fluvial por intermédio do processamento de imagens de satélites proporciona aplicações no planejamento urbano e ambiental de áreas de ocupação. Assim, as áreas propícias ao processo de erosão fluvial constituem riscos para os habitantes que residem nesses locais. O objetivo deste trabalho é realizar uma análise multitemporal da Ilha Grande do Tapará (Santarém-Pará) quanto aos padrões erosivos e de inundação durante um período de 1984-2020. Para isto, foram obtidas imagens de satélite *Landsat 5* e *8* para o período de 1984 a 2020, onde foi feita a composição colorida e realizada uma análise multitemporal, possibilitando identificar e mensurar as taxas de erosão e sedimentação ocorridas. O principal resultado aponta para perda de 1.996,8135ha de 1984 a 2020 na margem oeste do lago, onde se situava a antiga localização da comunidade Fátima de Urucurituba que foi realocada devido processos de erosão fluvial. Assim, os resultados permitiram identificar as modificações no relevo da área de estudo, calcular as erosões e sedimentações ocorridas nas margens que podem dar subsídios de gestão na identificação de potenciais comunidades afetadas por processos erosivos.

Palavras-chaves: Erosão. Sedimentação. Terras caídas.

Multi-temporal analysis of the erosive dynamics of Ilha Grande do Tapará (Santarém, Pará) between 1984 and 2020

ABSTRACT

Understanding river dynamics through satellite image processing provides applications in urban and environmental planning of occupied areas. Therefore, areas prone to the process of river erosion constitute risks for the inhabitants who live in these places. The objective of this work is to carry out a multitemporal analysis of Ilha Grande do Tapará (Santarém-Pará) regarding erosion and flooding patterns during a period from 1984-2020. For this, Landsat 5 and 8 satellite images were obtained for the period from 1984 to 2020, where the colored composition was made and a multitemporal analysis was carried out, making it possible to identify and measure the erosion and sedimentation rates that occurred. The main result points to the loss of 1,996.8135ha from 1984 to 2020 on the west bank of the lake, where the former location of the Fátima de Urucurituba community was located, which was relocated due to river erosion processes. Thus, the results made it possible to identify changes in the relief of the study area, calculate erosion and sedimentation occurring on the banks that can provide management support in identifying potential communities affected by erosion processes.

Keywords: Erosion. Sedimentation. *Terras caídas*.

Introdução

A bacia hidrográfica amazônica se estende aproximadamente por 6,1 milhões de km², e deságua no oceano com um volume de água que equivale por volta de 20% do total das águas doces continentais (Molinier et al., 1996). Costa et al., (1998) ressaltam que a citada bacia é a maior do

mundo, sendo que, a parte situada em território brasileiro representa 45% do território nacional.

Por conta da sua magnitude, Pacheco e Brandão (2012) afirmam que o rio Amazonas dispõe de complexo sistema fluvial. Um estudo realizado por Junk (1983), categorizou as águas da Amazônia em 03 principais tipos, sendo elas: águas

brancas (ex. Amazonas, Purus, Madeira e Juruá), águas pretas (ex. Negro) e águas claras (ex. Rio Tapajós). Os rios de águas brancas se originam na região da cordilheira dos andes e apresentam um amplo volume de sedimentos em suspensão decorrente do processo de erosão. A dimensão da bacia, a composição dos sedimentos, e os pulsos de inundação influenciam nos ecossistemas locais e na dinâmica fluvial dos processos de erosão e deposição das ilhas fluviais ao longo da planície amazônica (Canisius et al., 2019).

Os rios de águas brancas, de grande extensão, associados a padrões de canais meandantes e a depósitos aluvionares e/ou do terciário situados em uma região de clima equatorial úmido são mais passíveis a serem erodidos lateralmente (Latrubesse e Franzinelli, 2002). Regionalmente, na Amazônia, esse processo de erosão fluvial também é chamado de “terras caídas”. Os trabalhos com o uso do termo “terras caídas” foram inicialmente desenvolvidos ao longo do rio Amazonas, no estado do Amazonas (Carvalho, 2006; Freitas e Albuquerque, 2012; Labadessa, 2011). As “terras caídas” são consideradas processos de erosão fluvial distintos por alguns autores (Bandeira et al., 2018) e descrito a partir de dados granulométricos, batimétricos e a da percepção de moradores (Marques e Carvalho, 2019). Para que as “terras caídas” ocorram além da regressão lateral, movimentos de massa são associados a condicionantes hidrodinâmicas e hidrostáticas, climáticas, neotectônicas e/ou sísmicas, litológicas e de influência antrópica (Queiroz e Alves, 2021).

Novo (2008) descreve que a capacidade de erosão, transporte e deposição fluvial dependem da granulometria da carga erodida e da velocidade da corrente. Ou seja, em velocidades menores da corrente e cargas sedimentares mais baixas partículas de todos os tamanhos decantam ao longo da planície de inundação (Press et al., 2006). E, para que a partículas grandes e pequenas sejam erodidas é preciso haver uma velocidade é alta (Hjulstrom, 1939). Em rios meandantes, a velocidade de corrente também influencia na dinâmica da erosão da margem externa e deposição na margem interna dos canais (Press et al., 2006).

A dinâmica do rio Amazonas, na Amazônia brasileira denota variedades de descargas que carregam componentes de sedimentos móveis, constituídos de depósitos argilo-areno-limoso (Tricart, 1977; Filizola, 2011). Toda essa dinâmica ocasiona a deposição de sedimentos e surgimento de ilhas com tamanhos variados e que são locais de moradia e recursos

naturais para a população local (Silva e Noda, 2016).

Desde a década de 60, as redes de drenagens do rio Amazonas vêm sendo estudadas por intermédio de imagens de satélite inicialmente pelo Projeto Radar da Amazônia – RADAM (Ferreira e Saraiva, 2009). Contudo desde a década de 1970 é possível verificar as mudanças na superfície do planeta por conta da disponibilização de imagens de satélite e avanços contínuos na melhora das resoluções espectrais, espaciais e temporais (Polidori, 2020). Na Amazônia temos um avanço na compreensão dos processos fluviais em escala regional a partir da geração de modelos hidrológicos (Canisius et al., 2019; Fassoni-Andrade et al., 2020). Em particular, o desenvolvimento de técnicas com uso de multissatélites em larga escala para monitorar a variabilidade do armazenamento de águas superficiais, com técnicas e análises iniciais desenvolvidas e avaliadas para a bacia amazônica demonstraram-se promissoras (Fassoni-Andrade et al., 2021).

Esse avanço subsidia a cartografia precisa da distribuição espacial das morfologias e da extensão hídrica dos sistemas fluviais nos estágios do diferentes do ciclo hidrológico de seca e cheia no decorrer do tempo (Fassoni-Andrade et al., 2020; Novo, 2008). Contudo, poucos trabalhos consideram medições de erodibilidade, infiltração da água no solo, e a permeabilidade e a capacidade de absorção de água considerando a influência na ocorrência dos processos erosivos laterais (Bandeira e Teixeira, 2020). E trabalhos que verifiquem a dinâmica em áreas lagunares específicas também são incipientes.

Para a cartografia dos recuos de margens por processos erosivos, o uso de análise multitemporal tem sido com maior frequência publicados destacando principalmente mudanças de uso e cobertura e as modificações morfológicas das planícies aluviais e sistemas de drenagem (Passos e Soares, 2017). O uso de imagens de satélite gratuitas, tem auxiliado na compreensão de mudanças da paisagem, e em especial a identificação de margens erosivas e deposicionais (Bezerra et al., 2018). Trabalhos com a perspectiva de análise de risco em margens fluviais de erosão também fazem uso de dados de imagens de satélite e dados de fichas de campo pode-se obter informação cartográfica sobre as áreas de erosão severa (Silva e Andrade, 2019). A dinâmica das ilhas fluviais, análise das variações deposicionais

nas confluências também fazem uso das ferramentas de sensoriamento remoto, principalmente próximo às cidades, que são potencialmente impactadas à erosão fluvial (Santos et al., 2021).

A região do baixo Amazonas no estado do Pará possui um histórico de comunidades afetadas por processos de erosão fluvial sendo este o terceiro tipo de risco que mais afetam pessoas no estado do Pará (Teixeira et al., 2019). No município de Santarém, estudos anteriores em comunidades ao longo do rio Amazonas na Ilha Grande do Tapará quantificaram e validaram as erosões marginais nas áreas observadas através de uma análise multitemporal (Bandeira et al., 2021; Teixeira et al., 2018). Além disso, utilizando imagens de radar foi possível compreender melhor os ambientes deposicionais desta ilha (Souza e Rodrigues, 2020). A Ilha Grande do Tapará contém dois lagos, o Pacoval e o Itarim, que já passaram por sucessivos processos de perdas laterais de solos, com um recuo de 500m da margem já

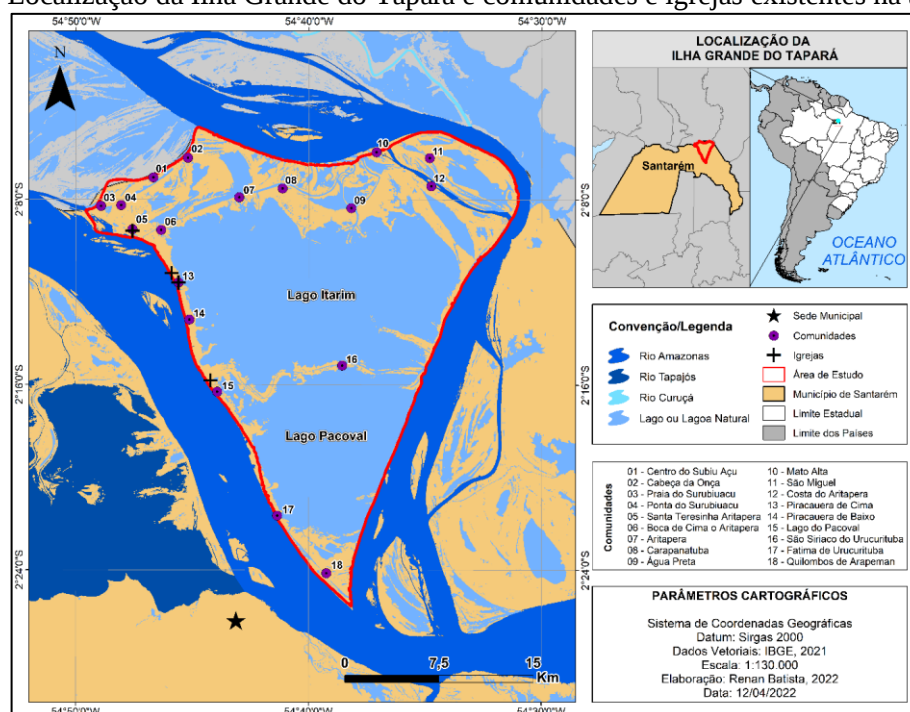
registrado e comunidades diretamente afetadas (Bandeira e Teixeira, 2020). Visando contribuir com o planejamento ambiental local o presente estudo tem como propósito avaliar a dinâmica multitemporal de processos de erosão e sedimentação da Ilha Grande do Tapará, município de Santarém no intervalo entre 1984 e 2020.

Material e método

Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho é a Ilha Grande do Tapará localizada no município de Santarém (coordenadas centrais 54°39'26,496"W, 2°13'35,786"S), na mesorregião do Baixo Amazonas e microrregião de Santarém, inserida no contexto da planície fluvial do Rio Amazonas. O município de Santarém possui uma população estimada em 308 mil pessoas, divididos entre a zona urbana e rural; a área de estudo está localizada na porção rural e possui registrado a presença de 18 comunidades (Ibge, 2021)

Figura 1. Localização da Ilha Grande do Tapará e comunidades e igrejas existentes na área.



Fonte: Mapcarta, Google Maps, IBGE / Elaboração: Autor, 2022

O clima da área de estudo possui temperaturas médias anuais de 26° C, as máximas em cerca de 30°C e as mínimas aproximadamente de 21°C. A precipitação pluviométrica expõe valores anuais alternando em cerca de 2.000 mm, apresentando distribuição irregular, o qual denota a conjuntura de dois períodos evidentes de chuvas, sendo o mais

chuvoso compreendendo os meses de dezembro a junho, delimitando em mais de 70 % da precipitação anual (Rodrigues et al., 2001).

Com relação as características físicas, a área de estudo está situada sobre a unidade geológica depósito aluvionar que é constituída por depósitos inconsolidados, compostos por areia,

cascalho, silte, argila e turfa (Cprm, 2015). Os sedimentos depositados na planície da Ilha Grande do Tapará podem ser considerados como oriundo de um único ambiente deposicional com ambientes definidos em lagos, praias fluviais ou depósitos de areia, delta fluvial, paleocanais, lagos em espira de meandro e diques marginais (Souza; Rodrigues, 2020).

A geomorfologia da ilha apresenta características predominantemente de relevos de planícies fluviais ou flúvio-lacustres e de terraços fluviais com baixa declividade ($<5^\circ$), afetados diretamente pelo pulso de inundação do rio Amazonas, dividindo as áreas em alagadas e inundáveis (Cprm, 2015). Souza e Rodrigues (2020) mencionam que os lagos da ilha geralmente são intermitentes, estão conectados de forma direta ao ciclo de inundação Amazônica e são constituídos essencialmente por sedimentos mais finos.

Os solos são do tipo neossolos flúvicos Tb eutróficos típico A (caracterizam-se por serem solos pouco evoluídos, constituídos de material

mineral ou orgânico), de textura moderada siltosa e gleissolo háplico Ta eutrófico típico A (caracterizam-se por serem solos formados de material mineral com o horizonte iniciando a 50 centímetros da superfície), textura moderada argilosa (Rodrigues et al., 2001). O uso e cobertura do solo da área de estudo inclui classes de pastagem, agricultura, florestas naturais e formações naturais não florestais como, áreas úmidas, formações campestres, regiões de apicum (Mapbiomas, 2020).

Método

Para realizar a análise multitemporal na superfície da Ilha Grande do Tapará, foram utilizadas imagens dos satélites *Landsat* selecionadas com menor cobertura de nuvens possível (Tabela 1). A data da imagem e a condição do rio no momento da aquisição das imagens também é importante para verificar as variações nas margens dos diques laterais da ilha

Tabela 1. Informações das imagens utilizadas no estudo.

Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Resolução Radiométrica	Resolução Espacial	Data da Imagem	Condição do Rio
Landsat 5	TM	227/062	8 bits	30m	08/08/1984	Vazante
					09/09/1984	Vazante
					09/08/1990	Vazante
					07/08/1995	Vazante
					04/08/2000	Vazante
					05/09/2000	Vazante
					02/08/2005	Vazante
					29/06/2010	Cheia
					31/07/2010	Vazante
					11/08/2015	Vazante
Landsat 8	OLI e TIRS		16 bits		15/09/2015	Vazante
					08/06/2020	Cheia
					24/06/2020	Cheia
					11/08/2020	Cheia
					27/08/2020	Cheia
					14/10/2020	Seca

Fonte: United States Geological Survey – USGS / Elaboração: Autor, 2022

As imagens foram adquiridas por meio da plataforma *Google Earth Engine* (GEE). O GEE é uma plataforma online gratuita direcionada para análises e estudos geoespaciais, proporcionando informações geográficas em escala planetária. Esta plataforma disponibiliza um acervo de imagens de diversos satélites e sensores, assim como, ferramentas técnicas para realizar análises de mudanças na superfície terrestre, nos oceanos e na atmosfera (Gorelick et al., 2017; Sentani et al., 2024).

As imagens obtidas pelo GEE já vêm previamente processadas para ambos os satélites utilizados neste trabalho - Landsat 5 e 8 - onde nestas são aplicadas a correção de reflectância de superfície e no topo da atmosfera. Para os dados provenientes do satélite *Landsat 5* são corrigidos atmosféricamente pelo *Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System* – LEDAPS, e para o *Landsat 8* os dados são corrigidos atmosféricamente por meio do *Land Surface Reflectance Code* – LaSRC.

Uma vez selecionada as imagens com menor incidência de nuvens na área, foi priorizado imagens dos meses de setembro, outubro,

novembro, pois nestes períodos há baixos índices de chuva na região e a vazante e seca do Rio Amazonas (Andrade et al., 2017; Andrade; Szlafsztein, 2018). Assim, proporcionando averiguar a superfície da ilha durante o período de seca no qual os diques marginais ficam mais visíveis para serem vetorizados. Tal como, para o período de cheia, a seleção de imagens referente aos meses de abril, maio e junho.

Todo o processamento foi realizado no software Qgis 3.22.6, gratuito. O início da vetorização foi feito a partir de uma imagem Landsat 5 do ano de 1984 para estabelecer um marco inicial dos limites da ilha. Posteriormente, foi feita uma composição colorida 5R4G3B para o Landsat-5 e 6R5G4B para o Landsat-8, respectivamente, a fim de vetorizar os diques marginais da ilha para realizar a análise multitemporal e averiguar os processos de erosão e sedimentação ao longo do tempo. Foi feito verificações a cada cinco anos para examinar se houve modificação, mas margens nos períodos de vazante (Figura 2). Ao final foram calculadas as áreas foram calculadas com base nos polígonos gerados.

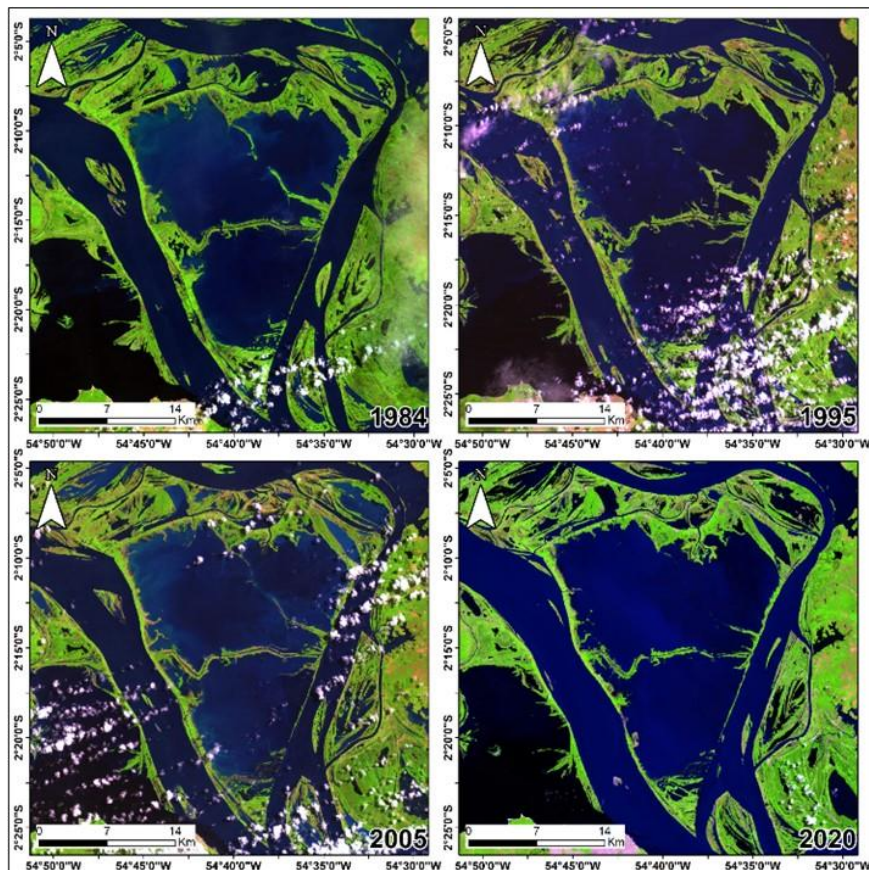


Figura 2. Algumas das imagens utilizadas na análise multitemporal.

Fonte: United States Geological Survey – USGS / Elaboração: Autores, 2022

Resultados e discussões

A área total que foi erodida entre os períodos de 1984 a 2020 contabiliza 3.509,2854ha, e as áreas que foram acrescidas com processos de sedimentação totalizam 1.178,2088ha (Figura 3).

Nos intervalos dos quinquênios houve variação de perda e acreção de área nas direções norte, leste, oeste e noroeste da ilha (Tabela 2).

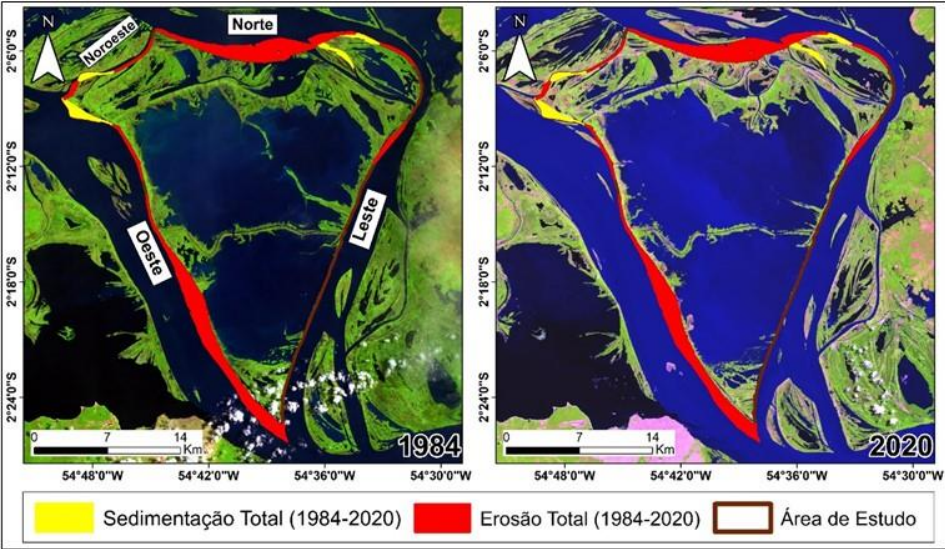


Figura 3. Processo de erosão e sedimentação totais ocorridos entre o período de 1984 a 2020.
Fonte: United States Geological Survey – USGS / Elaboração: Autor, 2022

Tabela 2. Dados de erosão e sedimentação ocorridas nas margens da área de estudo.

Período de ocorrência dos processos	Imagem	Direção de análise	Erosão (Área em hectares)	Sedimentação (Área em hectares)
1984 - 1990	Landsat 05/TM – 09/ago	Norte	166,0207	316,7047
		Oeste	177,7384	-----
		Leste	-----	-----
		Noroeste	37,2148	19,5871
1990 - 1995	Landsat 05/TM – 07/ago	Norte	156,8432	162,4727
		Oeste	57,5983	-----
		Leste	-----	-----
		Noroeste	7,4159	18,5741
1995 - 2000	Landsat 05/TM – 04/ago	Norte	213,4244	162,3929
		Oeste	356,4840	48,8891
		Leste	18,7469	-----
		Noroeste	5,9944	5,5257
2000 - 2005	Landsat 05/TM – 02/ago	Norte	202,1432	98,5175
		Oeste	289,2640	102,4418
		Leste	24,7491	-----
		Noroeste	-----	16,6670
2005 - 2010	Landsat 05/TM – 31/jul	Norte	236,3013	102,1247
		Oeste	489,5750	16,8749
		Leste	18,7573	-----
		Noroeste	-----	5,9697
2010 - 2015	Landsat 08/OLI-TIRS – 14/ago	Norte	275,1919	33,6698
		Oeste	420,7701	21,8201
		Leste	13,7909	-----
		Noroeste	1,9634	-----
2015 - 2020	Landsat 08/OLI-TIRS – 11/ago	Norte	132,9428	5,6450
		Oeste	195,7819	29,3953
		Leste	10,5736	-----
		Noroeste	-----	10,9367

Foi identificado no Norte do território da ilha, a erosão de 536,2883ha (1984-2000), 438,4446ha (2000-2010), 408,1347ha (2010-2020) e a sedimentação de 641,5703ha (1984-2000), 200,6421ha (2000-2010) e 39,3147ha (2010-2020). No Oeste, houve erosão de 591,8207ha (1984-2000), 778,8391ha (2000-2010), 616,5519ha (2010-2020) e a sedimentação de 48,8891ha (1984-2000), 119,3168 (2000-2010) e 51,2154 (2010-2020).

Quanto ao Leste, teve erosão de 18,7469ha (1984-2000), 43,5064ha (2000-2010) e 24,3644 (2010-2020). E por fim, no Noroeste teve erosão de 50,6250ha (1984-2000) e 1,9634ha (2010-2020) e a sedimentação de 43,6870ha (1984-

2000), 22,6367ha (2000-2010) e 10,9367ha (2010-2020) (Figuras de 4 a 8B).

Desse modo, os maiores recuos por processo de erosão ocorreram ao longo da face oeste da Ilha Grande do Tapará com aproximadamente a cada década uma perda sempre superior a 591ha, além de ter o maior registro de perda de solo na até o ano de 2010 com 778ha. Na face leste e noroeste o processo de erosão foi pouco expressivo inferior a 51ha. A mudança sedimentar da ilha por processos de sedimentação foi mais expressiva no início do período observado na face norte da área de estudo sendo superior a 600ha até o ano 2000.

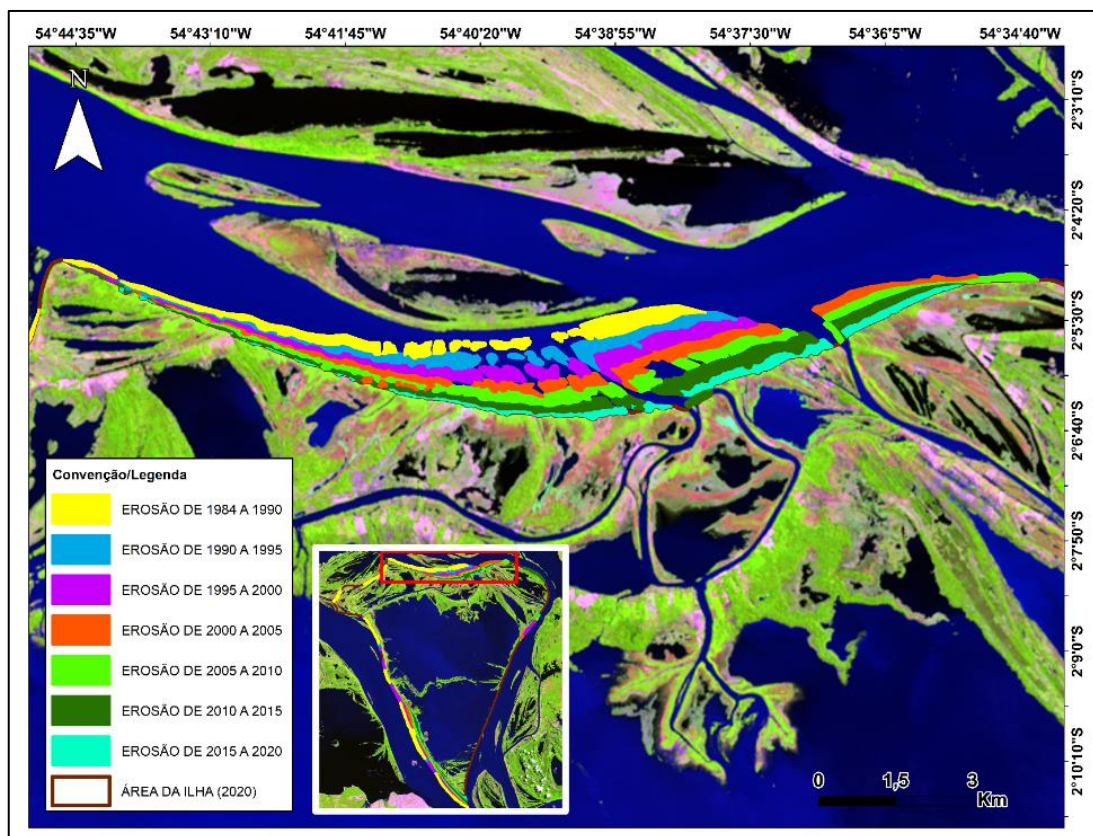


Figura 4. Processos de erosão ocorridos entre o período de 1984 a 2020 na porção norte da Ilha Grande do Tapará.

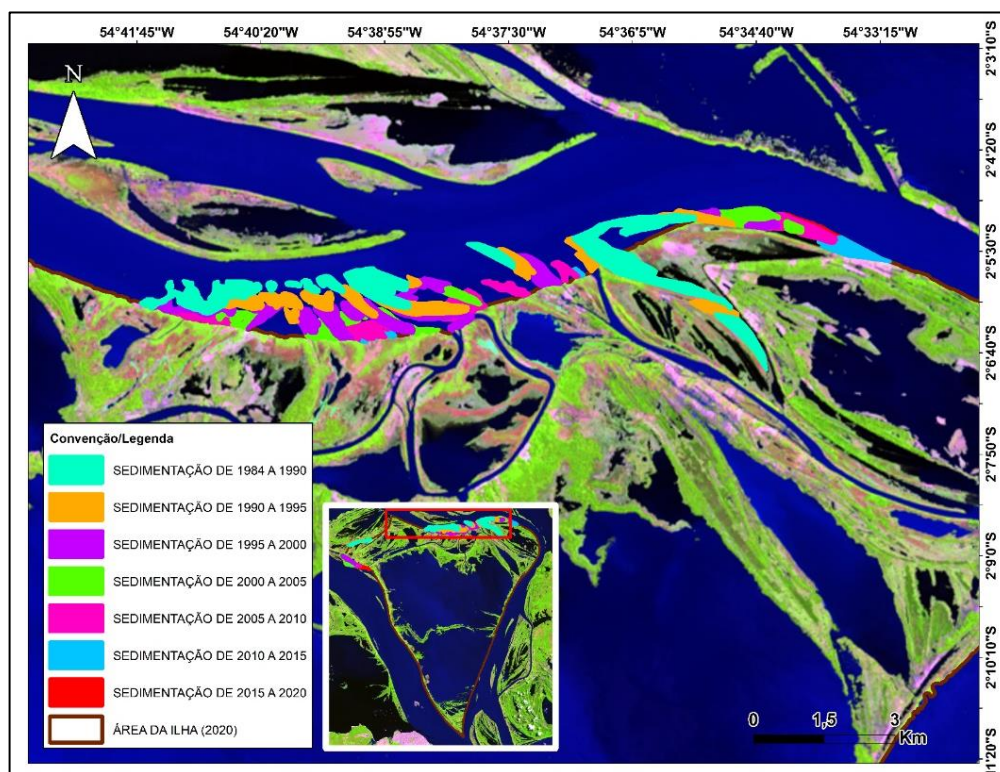


Figura 5. Processos de sedimentação ocorridos entre o período de 1984 a 2020 na porção norte da Ilha Grande do Tapará.

Fonte: United States Geological Survey – USGS / Elaboração: Autor, 2022

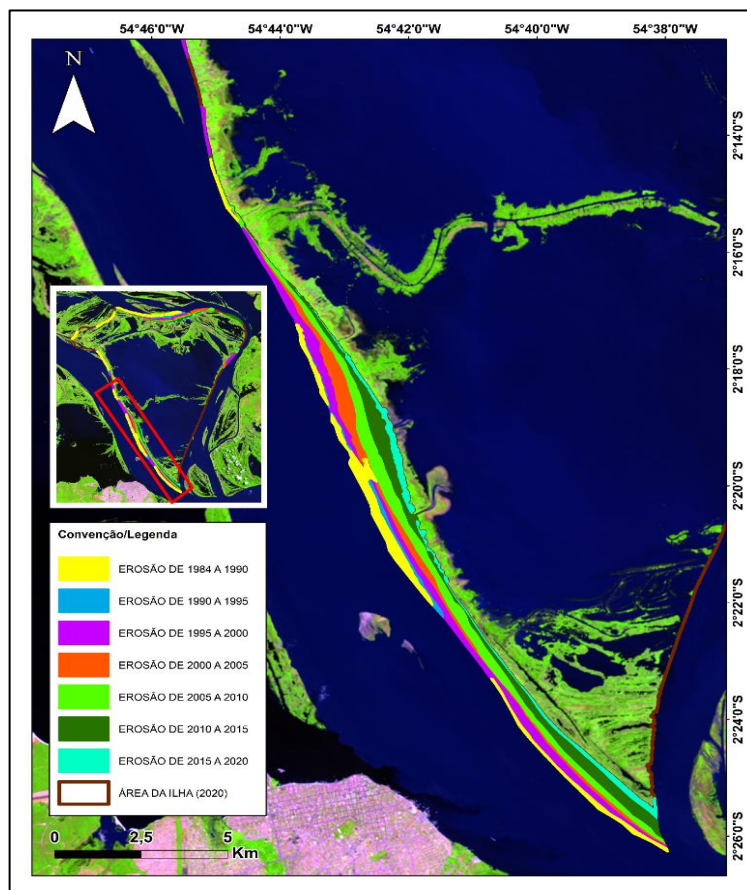


Figura 6. Processos de erosão ocorridos entre o período de 1984 a 2020 na porção oeste da Ilha Grande do Tapará. Fonte: United States Geological Survey – USGS / Elaboração: Autor, 2022

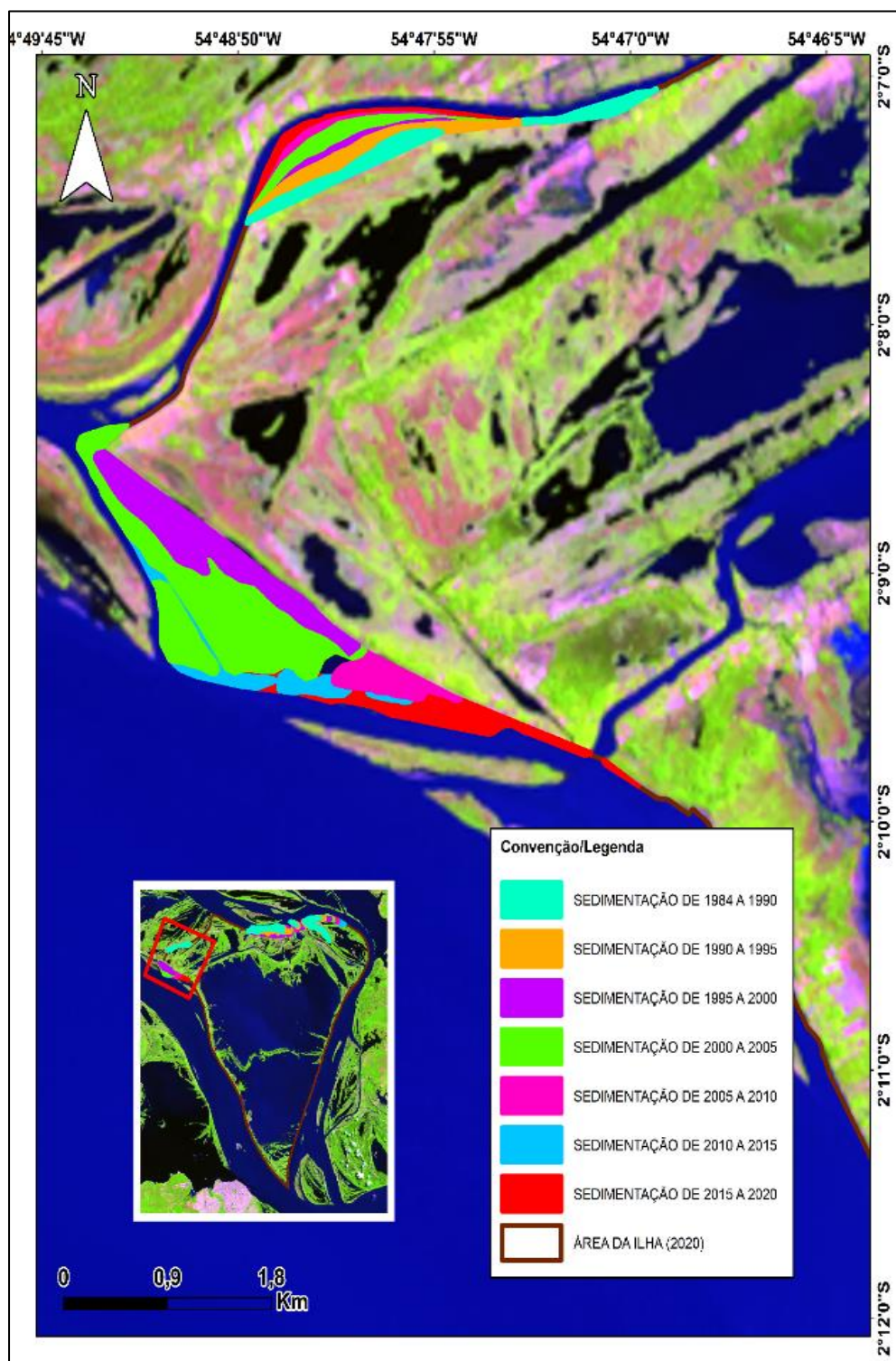


Figura 7. Processos de sedimentação ocorridos entre o período de 1984 a 2020 no ponto oeste e noroeste da Ilha Grande do Tapará. Fonte: United States Geological Survey – USGS / Elaboração: Autor, 2022

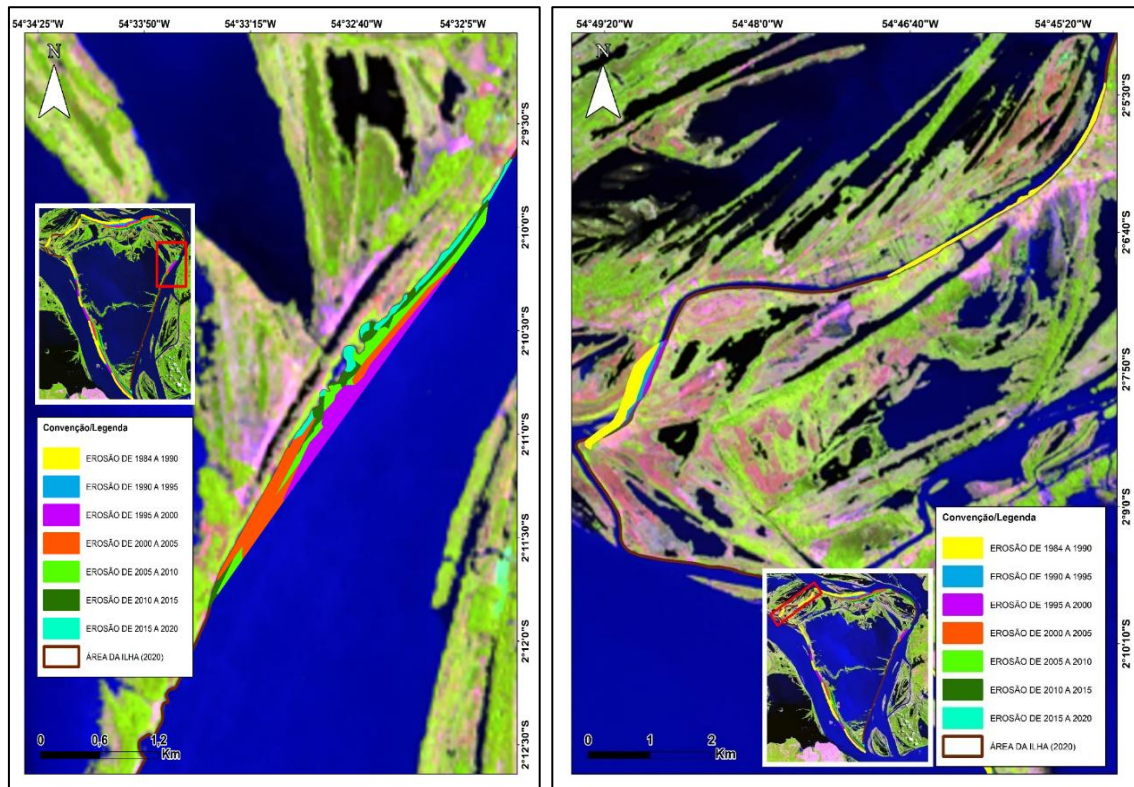


Figura 8. (A) Processos de erosão ocorridos entre o período de 1984 a 2020 na face leste da Ilha Grande do Tapará e (B) na face noroeste por ao mesmo período. Fonte: United States Geological Survey – USGS / Elaboração: Autor, 2022

Fonte: United States Geological Survey – USGS / Elaboração: Autor, 2022

A região onde ocorreu o maior recuo por processo de erosão fluvial na porção oeste da ilha estava localizada a comunidade Fátima de Urucurituba que em 2012 foi mapeada como sendo de alto risco pelo Serviço Geológico do Brasil (Luzardo, 2012). A setorização do risco indicou que se trata uma barra lateral ou dique marginal que separa o Rio Amazonas do Lago Pacoval, e se situa próximo à confluência com o Rio Tapajós. Em geral no caso de locais de muito alto e alto risco a recomendação é de que as famílias sejam removidas da área de risco. Contudo, somente em 2014 que foi noticiado que os residentes iriam ser remanejados para o assentamento Santa Maria, no Eixo Forte, devido a 95% das terras da comunidade já terem sido afetadas pela erosão fluvial, localmente conhecida como terras caídas (G1 Santarém, 2014).

Essa área foi a que sofreu maior atenuação de suas terras durante o intervalo de tempo analisado. Isto, devido a área ser um dique marginal, onde o solo é composto predominantemente de argila e silte, além de estar situada próxima a confluência dos rios Tapajós e Amazonas (Bandeira et al., 2021). Autores como Tricart (1977), Sternberg (1998), Filizola et al.

(2002), Carvalho (2006), Novo (2008), Scherer (2008), Marengo & Espinoza (2015), Stevaux e Latubresse (2017), e Colares et al., (2022) em seus estudos demonstram que a erosão fluvial nesses grandes rios advém da ação conjunta dos fatores relacionados a dinâmica natural e antrópica. Destacam-se como fatores naturais as unidades de relevo presentes, a pressão hidrodinâmica, pressão hidroestática, composição do material das margens, padrões de canal, e o tipo da água (Christofoletti 1980; Suguio e Bigarella 1990, Cunha 1995). Os fatores antrópicos que influenciam nos processos erosivos são exemplificados por Bandeira et al. (2018), Bandeira et al. (2021) como mudanças no uso do solo, retirada de cobertura vegetal e tráfego de barcos.

Discutindo com o trabalho de Bandeira et al., (2021), específico para a erosão da porção oeste da Ilha Grande do Tapará, esse setor foi novamente considerado de alto risco para o local da comunidade Fátima de Urucurituba. Os autores encontram uma taxa de erosão que variou de 0,5 a 77m com alguns pontos de acreção de até 3m. Os atributos referentes as margens erodidas foram do tipo côncava, com degraus de abatimento com

indicação de instabilidade do terreno; e por conta de constante passagem de embarcações estima-se que haja a influência de ondas de até 3,5m no processo de erosão lateral.

No porto de Santarém para o ano de 2020 houve um trânsito total de 4,624 embarcações entre balsas, cargueiros, navios-tanque, embarcações militares, lanchas e pequenas embarcações (CDP, 2020). A passagens de grandes e pequenas embarcações, que geram turbulência das águas e ondas irregulares, nominadas pelos ribeirinhos de banzeiro, além da ação dos ventos, que em conjunto com a maré lunar e especialmente em decorrência da alta vazão do rio Amazonas que registrou uma taxa de fluxo de volume de $157.366\text{m}^3/\text{s}$ para a porção oeste da Ilha do Grande do Tapará (Luzardo, 2012; Bandeira et al., 2021). Esse alto fluxo pode causar influência na erosão das margens. Em trabalhos em ilhas fluviais de menor tamanho foi relatado que a alta velocidade das embarcações tendem a intensificar a erosão de margens (Nunes e Furtado, 2023; Amorim, Alves e Andrade, 2024).

Regiões com risco de erosão fluvial também são acometidas por inundações sazonais, em decorrência da variação da elevação do nível do rio Amazonas. Especialmente nos meses de maio a julho o rio atinge a cota máxima na mesorregião do baixo Amazonas (Andrade et al., 2017). E, apesar dos danos causados no município de Santarém, as inundações têm sido o tipo de risco mais estudadas na parte urbana desse local, trazendo a compreensão da vulnerabilidade das populações e da percepção de risco local (Andrade e Szlafsztein, 2015; 2018) o que ainda é insuficientemente compreendido para as populações afetadas por erosão fluvial.

Mesmo em épocas de grandes inundações, como os eventos ocorridos em 2009, a erosão fluvial continua a ocorrer (Bandeira et al., 2018). Então mesmo que a população esteja situada em palafitas com grandes alturas, existe a necessidade de os moradores adotarem diversas medidas de enfrentamento e adaptação para lidar com as perdas relacionadas a erosão fluvial. Essas estruturas temporárias de madeira são chamadas regionalmente de maromba e elevam o piso das casas para necessidade de moradia e também contribuem para a proteção dos animais muito comum nas zonas rurais dos municípios da mesorregião do baixo Amazonas (Bandeira et al., 2021, Gomes et al. 2021).

A percepção de risco à erosão fluvial também é um fator a ser levado em consideração no planejamento de ações de mitigação e na compreensão dos danos gerados pelo recuo das

margens (Amorim, Alves e Andrade, 2024). Pois existe um processo histórico de ocupação das margens fluviais na Amazônia com ações e compreensões sobre o ambiente existentes a partir da experiência pretérita de desastres que podem auxiliar na busca de ações para minimização de perdas (Andrade e Szlafsztein 2018).

De acordo com Labadessa (2011), o processo histórico de ocupação das margens pelas comunidades, possibilita a fragilização das bordas por meio do desmatamento e do comprometimento da capacidade de carga destas margens. Pois, juntamente com o a produção de ondas, oriundas do deslocamento da comunidade ao redor da área, por intermédio de embarcações de variados tamanhos e capacidades, há o agravamento do solapamento nas margens. Apesar do fator antrópico este que mesmo em pequena escala pode contribuir para ocasionar a erosão das margens nem estes e nem os fatores naturais são totalmente conhecidos para a área de estudo.

Considerações finais

A metodologia aplicada para verificação das modificações da superfície da Ilha Grande do Tapará no município de Santarém-PA foi considerada satisfatória. Visto que por meio da análise multitemporal da coletânea de imagens obtidas desde 1984 até 2020, mesmo com a adversidade da elevada presença de cobertura de nuvens na área em períodos de enchente e cheia, foi possível realizar observações acerca da variação do nível do Rio Amazonas, e como esta dinâmica hidrológica se relaciona com os ambientes hídricos internos e com as taxas de erosão e sedimentação que ocorrem na ilha.

É de suma importância o monitoramento constante dessa área já que estudos anteriores mostram a grande dinâmica hídrica e sedimentar da área de estudo, bem como o intenso padrão erosivo dos diques marginais. Estudos anteriores na comunidade de Fátima de Urucurituba corroboram com a importância para as comunidades locais desse tipo de trabalho. Já que a cartografia dessas mudanças auxilia em mapeamentos de risco que possam ser realizados posteriormente.

Além disso, estudos de diagnóstico e previsão de tendências nas ilhas fluviais da Amazônia são instrumentos que buscam atenuar as problemáticas geradas pela erosão fluvial. Em especial no que concerne de perdas materiais significativas para os moradores do local, tal como a destruição de escolas, de igrejas e de diversas moradias ribeirinhas, além do próprio risco a vida dos residentes.

Referências

- Andrade, M.; Bandeira, I.; Fonseca, D.; Bezerra, P.; Andrade, A.; Oliveira, R. (2017). Flood risk in the Amazon. In: Hronmadka, T.; Rao, P. (Org.). Flood Risk Management. Rijeka: Intech. 1º Ed. V. 1. P. 41-54.
- Andrade, M.; Szlafsztein, C. (2018). Vulnerability assessment including tangible and intangible components in the index composition: An Amazon case study of flooding and flash flooding. *Science of the Total Environment*. V. 630. P. 903-912. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.271>
- Andrade, M.; Szlafsztein, C. (2015). Community participation in flood mapping in the Amazon through interdisciplinary methods. *Natural Hazards*. V. 77. P. Online. Disponível em <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1782-y>
- Amorin, L.; Alves, A.; Andrade, M. (2024). Percepção de Risco de Erosão Costeira na Amazônia: Um estudo de Caso na ilha do Cumbú em Belém, Estado do Pará. *Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales*. V. 17. N. 1. P. 580-598. Disponível em <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-033>
- Baker V. (1978). Adjustment of fluvial systems to climate and source terrain in tropical and subtropical environments. In: MIAL, A. (org.) *Fluvial Sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geologists. V. 5. P. 211-230.
- Bandeira, I.; Adamy, A.; Andretta, E.; Costa, C.; Andrade, M.. (2018). Terras caídas: Erosão fluvial ou fenômeno distinto na Amazônia?. *Ciências Ambientais da Terra*. V. 77. N. 222. P.1-16. Disponível em <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7405-7>
- Bandeira, I.; Conceição, R.; Andrade, M.; Teixeira, S.; Fonseca, D.; Lima, J.; Azambuja, A.; Gregorio, A.; Miyagawa, L.; Silva, S.; Aguiar, P. (2021). Fluvial erosion risk analysis: an amazon study case. *Revista Geonorte*. V. 12. P. 01-25. Disponível em <https://doi.org/10.21170/geonorte.2021.V.12.N.39.01.25>
- Bezerra, P.; Andrade, A.; A.; Andrade, M. (2018) Análise Multitemporal do Rio Tocantis no Município de Baião (Pará) Após a Construção da Barragem da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*. V. 4. N. 2. Disponível em: <https://doi.org/10.18764/2446-6549.v4n12p174-185>
- Bigarella, J.; Suguio, K. (1990). *Ambientes Fluviais*. 2 ed. Florianópolis: Editora da UFSC: Editora da Universidade Federal do Paraná. P. 192
- Canisius, F.; Brisco, B.; Murnaghan, K.; Van Der Kooil, M. (2019), SAR Backscatter and InSAR Coherence for Monitoring Wetland Extent, Flood Pulse and Vegetation: A Study of the Amazon Lowland. *Remote Sens*. V. 11. Disponível em <https://doi.org/10.3390/rs11060720>
- Carvalho J. (2006). Terras caídas e consequências sociais: costa do Miracauera – Paraná da Trindade, município de Itacoatiara – AM. Dissertação de Mestrado (Pós- Graduação em Graduação Sociedade e Cultura na Amazônia do Instituto de Ciências Humanas e Letras) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus. P. 142
- Cdp. (2020). Estatísticas de Embarcações. Disponível em <https://cdp.com.br/estatisticas/#> > Acesso em: 13 de junho de 2022.
- Christofolletti, A. (1980). *Geomorfologia*. 2º Edição. São Paulo: Edgard Blücher
- Christofolletti, A. (1981). *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Colares, I.; Ferreira Junior, J.; Rodrigues, L.; Maia, S.; Wachholz. (2022) Suscetibilidade do Solo à Erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu (Amazonas-Brasil). *Revista Caminhos da Geografia*. V. 23. N. 89. P. 367-389. Disponível em <https://doi.org/10.14393/RCG238960655>
- Costa, R.; Feitosa, J.; Fisch, G.; Souza, S.; Nobre, C. (1998) Viabilidade diária da Precipitação em regiões de floresta e pastagem na Amazônia. *Acta amazônica*. V. 28. N. P. 395-408
- Cprm. Serviço Geológico Do Brasil. (2015). Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Santarém – PA. Santarém. Escala: 1:150.000. Disponível em <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14998> > Acesso em: 22 mai. 2022.
- Cunha, S. (1995). Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da bacia do rio São João (Rio de Janeiro-Brasil). Tese de Doutorado (Programa de Pós- graduação em Geografia Física, Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, Portugal. P. 415. Disponível em <https://doi.org/10.1002/joc.4420>
- Fassoni-Andrade, A. ; Paiva, R.; Fleischmann, A. (2020). Lake topography and active storage from satellite observations of flood frequency. *Water Resources Research*. V. 56. P. 1-18. Disponível em <https://doi.org/10.1029/2019WR026362>
- Fassoni-Andrade, A.; Fleischmann, A.; Papa, F.; Paiva, R.; Wongchuig, S.; Melack, J.; Moreira,

- A.; Paris, A.; Ruhoff, A.; Barbosa, C.; Maciel, D.; Novo, E.; Durand, F.; Frappart, F.; Aires, F.; Abrahão, G.; Ferreira-Ferreira, J.; Espinoza, J.; Laipet, L.; Costa, M.; Espinoza-Villar, R.; Calmant, S.; Pellet, V. (2021) Amazon Hydrology From Space: Scientific Advances and Future Challenges. *Reviews of Geophysics*. V. 59. N. 4. Disponível em <https://doi.org/10.1029/2020RG000728>
- Ferreira, A; Saraiva, W. (2009). Estudos da evolução dinâmica fluvial dos rios do Amazonas com base em imagens de RADAR e satélite nos últimos 30 anos, balanço entre área de erosão e deposição e possíveis consequências para a ocupação humana. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. P. 1353-1359.
- Filizola, N.; Guyot, J. (2011). Fluxo De Sedimentos Em Suspensão Nos Rios Da Amazônia. *Revista Brasileira De Geociências*. V. 41. N. 4. P. 566-577. Disponível em <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2011414566576>
- Freitas, F.; Albuquerque, A. (2012) Análise temporal sobre as "Terras Caídas" no médio Solimões/Coari (AM). *Mercator*. V. 11. N. 25. P. 129-140. Disponível em <https://doi.org/10.4215/RM2012.1125.0010>
- G1.(2014). Santarém. Notícias. Famílias afetadas pelo fenômeno ‘terras caídas’ serão remanejadas. *G1 Globo*, Santarém. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/santaremregiao/noticia/2014/05/familias-afetadas-pelo-fenomeno-terras-caidas-serao-remanejadas.html>. Acesso em: 22 maio de 2022.
- Gomes, D.; Silva, L.; Ferreira, N.; Lobato, R.; Serrão, E.; Lima, A. Impactos Climáticos na Erosão Hídrica do Solo para a Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Climatologia*. V. 28. P. 242 – 265. Disponível em <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v28i0.73853>
- Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D.; Moore, R. (2021). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, V. 202. P. 18-27. 2017. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- IBGE. Panorama Geral de Santarém. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santarem/panorama> Acesso em: 20 de maio de 2022.
- Junk, W. (1983). As águas da Região Amazônica. In: Salati, E.; Junk, W. J.; Shubart, H.O. R.; Oliveira, A. E. *Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia*. São Paulo: Brasiliense: Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
- Labadessa, A. (2011) “Terras Caídas”, as causas naturais e antrópicas: uma ocorrência na comunidade de São Carlos – Médio Madeira/RO. *Geoingá: Revista do Programa de Pós- Graduação em Geografia Maringá*, v. 3, n. 1, p. 45-61. Disponível em <https://doi.org/10.4025/geoinga.v3i1.49156>
- Hjulstrom, F. (1939) Transportation of debris by moving water, in Trask. *Recent Marine Sediments; Symposium American Association of Petroleum Geologists*, P. 5 – 31.
- Lehner, B.; Doll, P. (2004) Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology*., v. 296, p. 1-22. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.03.028>
- Luzardo, R.; Teixeira, S. (2012) Setorização de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações – Município de Santarém - PA. Belém, PA: Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18366>. Acesso em: 12 mai. 2022.
- Marques, R.; Carvalho, J. (2019) Processos Fluviais no Rio Amazonas: Erosão Lateral e Implicações para a Cidade de Parintins. *Revista Geonorte*. V. 10. N. 35. P. 108-132. Disponível em <https://doi.org/10.21170/geonorte.2019.V.10.N.35.108.132>
- Marengo J. ; Espinoza J. (2015). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*.. V. 36. N. 3. P. 1033-1050.
- Mertes, L. (2002) Remote sensing of riverine landscapes. *Freshwater Biology*, V. 47. P. 799–816. Disponível em <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00909.x>
- Molinier M.; Guyot J.; Oliveira E.; Guimarães, V. (1996) Les Régimes Hydrologiques de L’amazone et de ses Affluents. In: Chevallier P. & Pouyaud B. (org.) *L’hydrologie Tropicale: Géoscience et Outil Pour le Développement*. Paris, IAHS. P. 209- 222.
- Novo, E. (2008). Ambientes fluviais. In: Florenzano, T. (Org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos. P.219-246.
- Nunes, T.; Furtado, L. (2023) A Ilha do Combu: Ensaio Sobre Turismo e Lazer em Intenso Crescimento. *Novos Cadernos Naea*. V. 26. N.

1. P. 273 – 300. Disponível em <http://dx.doi.org/10.18542/ncn.v26i1.11121>
- Pacheco, J.; Brandão, J. (2012) Geomorfologia Fluvial Do Rio Solimões/Amazonas: Estratégias Do Povo Varzeano Do Sudoeste Do Careiro Da Várzea. *Revista Geonorte*. V. 2. N. 4. P. 542 – 554.
- Passos, M.; Soares, E. (2017). Análise multitemporal do sistema fluvial Solimões-Amazonas entre os tributários Purus e Negro, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geologia USP. Série Científica*, V. 71. N. 11. P. 61-74. Disponível em : <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v17-324>
- Polidori, L. (2020) Sensoriamento remoto de alta resolução temporal para uma observação dinâmica dos ambientes tropicais. *Revista Ciência e Trópico*. V. 44. N. 1. P. 235-255. Disponível em [https://doi.org/10.33148/cetropicov44n1\(2020\)art11](https://doi.org/10.33148/cetropicov44n1(2020)art11)
- Press, F; Siever R.; Grotzinger, J.; Jordan, T. (2006) Para Entender a Terra. *Bookmark*. P. 266.
- Queiroz, M.; Alves, N. (2021) Conditioning Factors of “Terras Caídas” in Lower Solimões River – Brazil. *Caminhos da Geografia*. V. 22. N. 80. Disponível em <https://doi.org/10.14393/RCG228054842>
- Rodrigues, T.; Santos, P.; Oliveira Junior, R.; Valente, M.; Silva, J.; Cardoso Júnior, E. (2001) Caracterização dos solos da área do planalto de Belterra, município de Santarém, Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. Documentos. 115. 5.
- Santos, M.; Silva, G.; Marques, L.; Alves, A. Análise Multitemporal da Confluência dos Rios Solimões e Negro no Período de 2008 a 2018. (2021). *Geoambiente On-line*. N. 39. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.i39.65273>
- Scherer, C. (2008) Ambientes Fluviais. In: Pedreira da Silva, A.; Aragão, M.; Magalhães, A. (Org.). *Ambientes de Sedimentação do Brasil*. Rio de Janeiro: PETROBRAS. P. 102-130.
- Sentani, A.; Niam, M.; Boogaard, F. (2024) Probability of Erosion Utilizing Google Earth Engine the RUSLE Method in the Tuntang Watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. N. 1312. Disponível em <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1321/1/012001>
- Silva, A.; Andrade, M. (2022) Identificação de Risco à Erosão Fluvial na cidade de Cametá (PA), Brasil. *Delos: Desenvolvimento Local Sustentável*. V. 12. N. 35.
- Silva, S.; Noda, S. (2016) Dinâmicas entre águas e terras na Amazônia e seus efeitos sobre as várzeas. *Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. V. 11. N. 2. P. 377 – 386. Disponível em <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1805>
- Souza, S.; Rodrigues, S. (2020) Dados multi-sensores para reconhecimento e mapeamento de ambientes sedimentares na planície do rio Amazonas. *Geociências*. V. 39. P. 425-436.
- Sternberg, H. (2020) A água e o homem na Várzea do Careiro. *Documents d’Análise Geográfica*, [em linha]. 180-185.
- Stevaux, J.; Latubresse, E. (2017) *Geomorfologia fluvial*. ed 1. São Paulo: Oficina de Texto. P. 320
- Teixeira, S.; Bandeira, I.; Fonseca, D. (2019). Caracterização das tipologias de risco geológico identificadas no Estado do Pará no período de 2012 a 2018. In: Teixeira, S.; Chaves, C. (Org.). *Contribuições à Geologia da Amazônia. Núcleo Norte Belém*. 1. 253-269.
- Teixeira, S.; Silva, R.; Lopes, D. (2018). Influência de Parâmetros Hidrológicos no Processo de Erosão Fluvial da Região de Santarém-PA. In: *Anais do 16º Congresso Brasileiro De Geologia De Engenharia e Ambiental*. São Paulo: ABGE.
- Tricart, J. (1977). Tipos de planícies aluviais da Amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro. 39. 3-4.