Dinâmica fluvial do Rio Amazonas e exposição da população a Terras Caídas e a Terras Crescidas

Iris Celeste Nascimento Bandeira 1 [1] *Lucas Eduardo Monteiro Brito*[2]

Palavras-Chave – Erosão fluvial, sedimentação, suscetibilidade.

INTRODUÇÃO

A planície fluvial do Rio Amazonas apresenta elevada conectividade hidrológica entre o canal principal e a várzea, condicionando intensa dinâmica hidrossedimentar, marcada por erosão marginal, sedimentação, migração lateral do canal e inundações sazonais (Mertes, Dunne, Martinelli, 1996; Fassoni-Andrade, Paiva, 2019; Park, Latrubesse, 2019). Essa dinâmica promove contínuas transformações morfológicas ao longo do sistema fluvial, e configuram ameaças socioambientais na Amazônia, especialmente para populações ribeirinhas vulneráveis, podendo desencadear perdas territoriais, destruição de moradias, deslocamentos forçados e situações de desastre (Nagel *et al*., 2022; Zumak *et al*., 2025).

Na Amazônia, os processos erosivos associados a movimentos de massa em margens fluviais são conhecidos regionalmente como *Terras Caídas*, condicionados principalmente pela hidrodinâmica do rio, morfologia fluvial e instabilidade geotécnica das margens (Carvalho, 2012; Bandeira *et al*., 2018; Bandeira *et al*., 2021). Em contraposição, os processos de sedimentação e acreção lateral originam as chamadas *Terras Crescidas*, associadas à formação de barras sedimentares e praias fluviais, podendo aumentar o isolamento das comunidades em relação ao canal principal do rio (Zumak *et al*., 2025). Além disso, a sedimentação promove o alteamento progressivo do terreno por meio da acresção vertical, ocasionando o aterramento de moradias e áreas agrícolas, o deslocamento de residências e prejuízos à agricultura familiar (Fonseca; Bandeira, 2022).

Nos últimos anos, eventos hidrológicos extremos, como a cheia histórica de 2021 (Espinoza *et al*., 2022) e a seca extrema observada em 2024, indicam possível intensificação das mudanças hidromorfológicas na bacia amazônica, potencializando processos erosivos (Bandeira *et al*, no prelo) e ampliando a exposição humana nas margens fluviais.

Mesmo com estudos sobre as áreas de erosão e deposição na Amazônia (Nagel *et al*., 2022; Zumak *et al*., 2025) não há nenhuma análise ao longo do Rio Amazonas com foco na integração entre as áreas de erosão e sedimentação e a exposição populacional a terras caídas e a terras crescidas.

1) Serviço Geológico do Brasil, iris.bandeira@sgb.gov.br
2) Serviço Geológico do Brasil, lucas.brito@sgb.gov.br

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a morfodinâmica fluvial do Rio Amazonas e sua relação com a exposição populacional, visando subsidiar ações de gestão territorial e ordenamento territorial na Amazônia.

METODOLOGIA

As áreas de erosão e sedimentação ao longo do Rio Amazonas foram delimitadas por meio do algoritmo *Water Surface Change Detection Algorithm* (WSCDA), desenvolvido por Nagel et al. (2022), aplicado no ambiente Google Earth Engine (GEE), utilizando imagens Landsat adquiridas entre os anos de 1984 e 2024. A análise multitemporal permitiu identificar alterações na geometria do canal fluvial e quantificar áreas sujeitas à erosão marginal e deposição sedimentar em escala regional.

A taxa de migração lateral do canal foi calculada com base na metodologia proposta por Giardino e Lee (2011), considerando a variação espacial das margens ao longo da série temporal analisada. A segmentação do Rio Amazonas em diferentes trechos geomorfológicos seguiu a classificação proposta por Suizu, Latrubesse e Bayer (2023), permitindo avaliar padrões espaciais distintos da dinâmica fluvial ao longo do sistema.

A delimitação da planície fluvial foi realizada a partir de dados altimétricos SRTM e imagens Landsat, possibilitando identificar os ambientes de várzea diretamente influenciados pela dinâmica hidrossedimentar do rio. A análise da exposição populacional considerou os dados do Censo Demográfico do IBGE (2022), com identificação das populações localizadas próximas às drenagens sujeitas à erosão e sedimentação fluvial.

As áreas de risco a Terras Caídas e Terras Crescidas foram analisadas a partir dos relatórios técnicos elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB) entre 2012 e 2026. Posteriormente, os dados de morfodinâmica fluvial foram integrados às informações populacionais e aos setores de risco mapeados pelo SGB, visando identificar áreas com maior suscetibilidade geomorfológica e maior exposição humana.

RESULTADOS

Morfodinâmica fluvial do Rio Amazonas

A taxa média de migração lateral do Rio Amazonas, no trecho entre a cidade de Iquitos e Santarém, no período de 40 anos foi de aproximadamente 0,04 km.ano^{-1}, evidenciando elevada dinâmica morfológica ao longo do sistema fluvial (Figura 1). Observou-se maior intensidade erosiva na porção a montante, especialmente entre os rios Içá e Japurá (trechos 7 a 9), onde ocorreram as maiores taxas de erosão e deposição marginal.

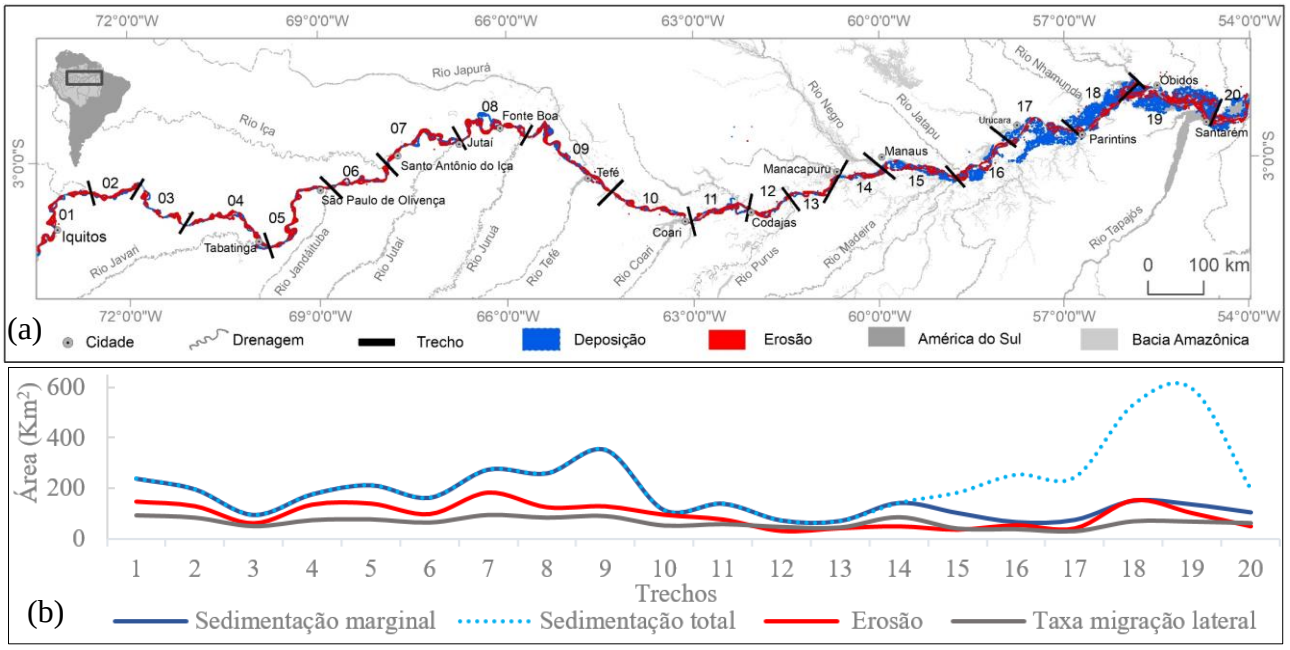


Figura 1. (a) Áreas de erosão (vermelho) e deposição (azul) identificadas ao longo do Rio Amazonas e linhas pretas transversais representam os trechos de análise. (b) Gráfico com valores das áreas de erosão, sedimentação e a taxa de migração por trechos do Rio Amazonas. Fonte: autoria própria.

Nos trechos 10 a 13, a taxa de migração do rio Amazonas encontra-se abaixo da média (0,031 e 0,035 respectivamente). No entanto, no trecho 14, entre os rios Manacapuru e Negro, essa taxa aumenta novamente, com valores superiores à média. A partir do trecho 15, confluência do rio Solimões com o rio Negro, o rio Amazonas apresenta redução na taxa de migração, associado a um aumento no volume e na largura do rio, com planícies de inundação dominadas por extensos lagos, e à transição do padrão sinuoso para múltiplos canais. Nesse contexto, os processos de erosão e deposição deixam de ocorrer exclusivamente nas margens, passando a se distribuir por toda a região de planície.

Na região entre Parintins e Santarém (trechos 18 e 19), a dinâmica hidrossedimentar mostrou-se novamente intensa, com amplas áreas de erosão marginal, modificações na geometria das ilhas fluviais e elevada sedimentação em barras de acreção e lagos. Nessa região, a área de sedimentação foi 2,5 vezes maior que a média de todos os trechos do rio Amazonas. Apesar da intensa deposição sedimentar, esses trechos também apresentaram elevadas taxas de erosão marginal, indicando forte instabilidade geomorfológica e intensa reorganização da planície fluvial.

Os resultados demonstram que os processos erosivos se concentram predominantemente nas margens ativas do canal, enquanto os processos deposicionais distribuem-se tanto nas margens fluviais quanto em lagos de várzea, barras sedimentares e deltas intralacustres, evidenciando elevada conectividade hidrossedimentar entre o canal principal e os ambientes de planície.

Exposição populacional e risco a terras caídas e terras crescidas

A integração entre os dados do IBGE (2023), o mapeamento geomorfológico da várzea do Rio Amazonas, indicou que aproximadamente 105 mil pessoas vivem nessa região fluvial. Desse total, cerca de 22 mil encontram-se expostas a processos de terras caídas e 205 a terras crescidas, segundo dados do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM).

Entretanto, ao integrar a morfodinâmica fluvial e às ocupações humanas demonstra que a população potencialmente exposta aos processos erosivos e deposicionais pode ser significativamente maior. Os resultados indicam que, além das áreas oficialmente mapeadas pelo SGB, existem mais de 30 mil pessoas estabelecidas em margens ativas do rio Amazonas (Figura 2), configurando elevada exposição à erosão marginal. Adicionalmente, aproximadamente 8 mil pessoas encontram-se expostas a áreas sujeitas à sedimentação.

Os resultados demonstram que setores caracterizados por elevada migração lateral e intensa dinâmica hidrossedimentar tendem a concentrar maior ocorrência de áreas de perigo, evidenciando a relação direta entre morfodinâmica fluvial e exposição humana. Nesse contexto, eventos hidrológicos extremos podem acelerar processos de erosão marginal, desencadear colapsos de margens e ampliar situações de desastre.

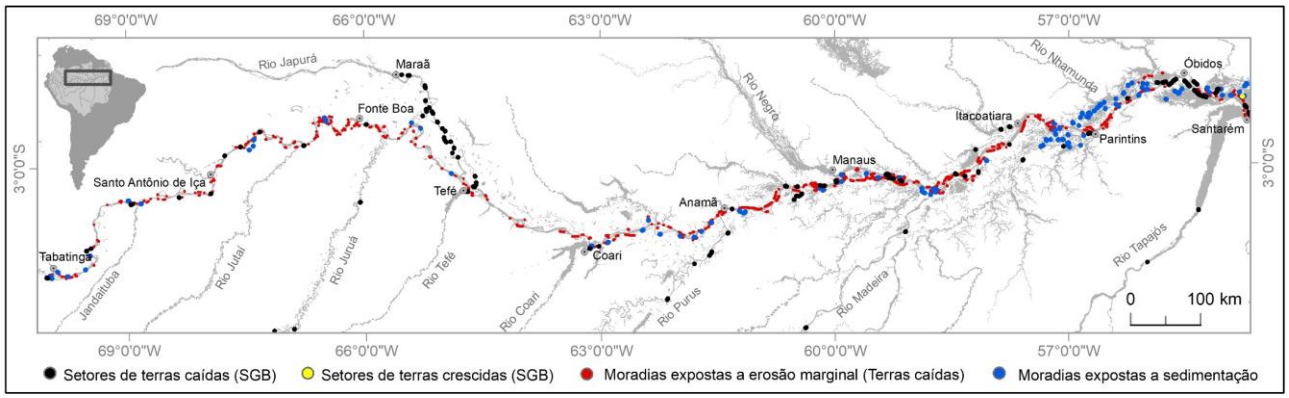


Figura 2. Setores de risco a terras caídas (ponto preto) e terras crescidas (ponto amarelo) mapeadas pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB. Moradias expostas a processos de terras caídas (ponto vermelho) e terras crescidas (ponto azul) na várzea do Rio Amazonas. Fonte: autoria própria.

Potencialidades e limitações do estudo

A análise multitemporal de imagens Landsat demonstrou elevado potencial para identificação de áreas de erosão e sedimentação em escala regional, permitindo compreender a intensidade, distribuição espacial e continuidade temporal dos processos morfossedimentares ao longo do Rio Amazonas.

Entretanto, a resolução espacial dessas imagens impõe limitações para análises detalhadas de risco geomorfológico, especialmente na identificação de pequenas feições erosivas, indícios locais de instabilidade e distâncias precisas entre moradias e margens fluviais. Dessa forma, os resultados

obtidos representam uma análise regional da suscetibilidade, não substituindo estudos detalhados em escala local.

Outro aspecto relevante refere-se às limitações dos dados censitários do IBGE, cujo intervalo temporal de atualização dificulta representar adequadamente a dinâmica de deslocamento das comunidades ribeirinhas ao longo do tempo. A intensa mobilidade espacial das populações da várzea, associada às mudanças morfológicas contínuas do rio, pode alterar significativamente o quantitativo populacional exposto aos processos erosivos e deposicionais.

Embora a metodologia utilizada apresente potencial para monitoramento regional e identificação preliminar de áreas suscetíveis, análises detalhadas de risco demandam estudos em escalas maiores, como 1:2.000, integrando levantamentos de campo, monitoramento hidrodinâmico, análises geotécnicas e avaliação das vulnerabilidades socioambientais das populações ribeirinhas.

Portanto, o estudo pode ser utilizado como uma ferramenta de análise regional da suscetibilidade e não como analise final de risco.

CONCLUSÕES

- O Rio Amazonas apresenta elevada dinâmica morfossedimentar, caracterizada por intensos processos de erosão marginal, sedimentação e migração lateral do canal ao longo da planície fluvial amazônica entre 1984 e 2024.
- Os setores localizados entre os rios Içá e Japurá e entre Parintins e Santarém destacaram-se pelas maiores áreas de erosão e deposição sedimentar, evidenciando elevada instabilidade geomorfológica e intensa reorganização da paisagem fluvial.
- A integração entre dados de sensoriamento remoto e informações populacionais permitiu identificar ampla exposição humana aos processos de Terras Caídas e Terras Crescidas na várzea amazônica.
- Embora os dados oficiais indiquem aproximadamente 22 mil pessoas situadas em áreas de risco mapeadas pelo Serviço Geológico do Brasil, os resultados sugerem quantitativo significativamente maior de populações potencialmente expostas em margens ativas do rio Amazonas. Portanto sugere-se a inclusão da tipologia de risco a sedimentação (terras crescidas) na Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade).
- Eventos hidrológicos extremos, como cheias e secas severas, podem intensificar os processos erosivos e deposicionais, ampliando a vulnerabilidade das populações ribeirinhas e potencializando perdas territoriais, danos estruturais e deslocamentos populacionais.

- A análise multitemporal por sensoriamento remoto apresenta bom desempenho para mapeamento regional de áreas suscetíveis à erosão e deposição fluvial na Amazônia.
- As limitações relacionadas à resolução espacial das imagens orbitais e à escala dos dados censitários reforçam a necessidade de estudos na escala de detalhe, integrando levantamentos de campo, análises geotécnicas e monitoramento hidrodinâmico.
- Os resultados evidenciam a necessidade de incorporar a dinâmica morfossedimentar amazônica às políticas públicas de gestão de risco e adaptação climática, especialmente em áreas ocupadas por populações ribeirinhas socialmente vulneráveis.

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, I. C. N. *et al*. (2018) *Terras caídas: Fluvial erosion or distinct phenomenon in the Amazon?* Environmental Earth Sciences, v. 77, n. 6, p. 222.

BANDEIRA, I. C. N. *et al*. (2021). *Fluvial Erosion Risk Analysis: An Amazon Study Case*. Revista Geonorte, v. 12, n. 39, p. 1–25.

CARVALHO, J.A.L. (2012). *Erosão nas margens do rio amazonas: o fenômeno das terras caídas e suas implicações na vida dos moradores*. Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brazil.

ESPINOZA, J.C. *et al*. (2022). *The new historical flood of 2021 in the Amazon River compared to major floods of the 21st century: Atmospheric features in the context of the intensification of floods*. Weather and Climate Extremes, v. 35, p. 100406.

FASSONI-ANDRADE, A.C., PAIVA, R.C.D.D. (2019). *Mapping spatial-temporal sediment dynamics of river-floodplains in the Amazon*. Remote Sensing of Environment 221, 94–107. https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.10.038.

FONSECA, D. D. F.; BANDEIRA, I. C. *Setorização de áreas de risco geológico: Santarém, Pará.* [s.l.] CPRM, 2022. Disponível em: <http://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/22704>. Acesso em: 15 jun. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE (2023). *Malha Censitária.* Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html.

JR GIARDINO, AA LEE. (2011). Taxas de migração do canal no rio Brazos: Relatório final.

MERTES, L. A. K.; DUNNE, T.; MARTINELLI, L. A. (1996). *Channel-floodplain geomorphology along the Solimões-Amazon River, Brazil*. Geological Society of America Bulletin, v. 108, n. 9, p. 1089–1107.

NAGEL, G. W. *et al*. (2022). *Impacts of meander migration on the Amazon riverine communities using Landsat time series and cloud computing*. Science of the Total Environment, v. 806, p. 150449.

PARK, E.; LATRUBESSE, E. M. (2019). *A geomorphological assessment of wash-load sediment fluxes and floodplain sediment sinks along the lower Amazon River*. Geology, v. 47, n. 5, p. 403–406.

SUIZU, T. M.; LATRUBESSE, E. M.; BAYER, M. (2023). *Geomorphic diversity of the middle Araguaia River, Brazil: A segment-scale classification to support river management*. Journal of South American Earth Sciences, v. 121, p. 104166.

ZUMAK, A.; FLEISCHMANN, A.; FASSONI-ANDRADE, A. C.; PEREIRA, H. C.; PAPA, F.; SILVA, P. dos S.; NASCIMENTO, A. C. S. do. *Riparian communities in the Central Amazon are largely subject to erosion and sedimentation risk*. Natural Hazards, [s.l.], 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s11069-025-07398-2